



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

MEMORIA DEL SIMPOSIO

ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE.

S.E.D.U.E.

MEMORIA DEL SIMPOSIO

ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Facultad de Ingeniería
Programa Universitario de Energía

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA
Subsecretaría de Ecología

MEMORIA DEL SIMPOSIO
ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE
(4 y 5 de diciembre de 1984)

Organizado por:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Facultad de Ingeniería

Coordinación de la Investigación Científica
Programa Universitario de Energía

Apunte
70-A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



612234

1986
G.- 612234

DR © 1986. Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria. 04510 México, D.F.

Facultad de Ingeniería
Programa Universitario de Energía

Impreso y hecho en México
ISBN - 968 - 837 - 848 - 8

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

RECTOR

Dr. Jorge Carpizo McGregor

SECRETARIO GENERAL

Dr. José Narro Robles

SECRETARIO GENERAL ADMINISTRATIVO

Ing. José Manuel Covarrubias Solís

SECRETARIO DE RECTORIA

Act. Carlos Barros Horcasitas

ABOGADO GENERAL

Lic. Eduardo Andrade Sánchez

COORDINADOR DE LA INVESTIGACION
CIENTIFICA

Dr. Arcadio Poveda Ricalde

DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Dr. Octavio Agustín Rascón Chávez

DIRECTOR DEL PROGRAMA UNIVERSITARIO
DE ENERGIA

Dr. Mariano Bauer Ephrussi

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

SECRETARIO
Lic. Manuel Camacho Solís

SUBSECRETARIO
Fís. Sergio Reyes Luján

PRESENTACION

Existen diferentes puntos de vista respecto a los impactos ambientales de la extracción, la explotación, el transporte, el almacenamiento, la producción y el uso de la energía. A nivel mundial la situación es heterogénea y va desde aquellos países en los que numerosas leyes, reglamentos y normas gobiernan los efectos de la producción y el uso de la energía, hasta aquellos en los que sólo se han tomado unos cuantos pasos para el control de los daños ambientales. En función de las circunstancias sociales y económicas de cada país, el panorama va desde aquellos en los cuales las preocupaciones de carácter ambiental son nulas hasta aquellos en los que se toman medidas para su control y prevención.

La abundancia de información de carácter ambiental disponible en algunos de los países avanzados, contrasta brutalemente con la ausencia total o parcial de información, en los países en vía de desarrollo, entre ellos el nuestro. En la mayoría de estos últimos, los aspectos ambientales no poseen una alta prioridad, aunque en fechas recientes el problema ha comenzado a recibir mayor atención.

El análisis previo muestra la diversidad de actitudes y posturas frente a los problemas ambientales. Dentro de este contexto, los intentos para prevenir y controlar los impactos de la producción y uso de la energía constituyen una parte importante del objetivo y meta global de mejorar la calidad de vida. Los medios, recursos y acciones para lograr este fin difieren entre los diferentes países y las diferentes regiones, zonas, culturas, etc., por lo que los costos e intercambios involucrados son difíciles de evaluar. Por ejemplo, la producción de carbón involucra un costo implícito en términos de salud y vida humana. Si bien los riesgos asociados con esta ocupación pueden ser reducidos y lo han sido, es muy poco probable que se puedan eliminar totalmente. En vista de esto, el costo del carbón continuará incluyendo muertes accidentales, lesiones y enfermedades. En el pasado, muchos países estaban conscientes y dispuestos a pagar estos precios sociales y en retribución gozar de un mejor estándar

de vida. En años recientes la consideración de estos costos y beneficios ha llevado a cuestionar el estilo de desarrollo de muchas naciones desarrolladas y en vía de desarrollo.

En consecuencia, la amplitud del programa ambiental que se inicie dependerá de la percepción que el país tenga de lo que es o significa el mejorar la calidad de vida y de los costos e intercambios que la toma de decisiones y acciones efectivas implique.

Ante esta situación el Programa Universitario de Energía y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México organizaron el Simposio de Energía y Medio Ambiente con el propósito de reunir a investigadores y representantes de instituciones relacionadas con el problema del medio ambiente, a fin de plantear, analizar y proponer soluciones a los problemas originados por la exploración, explotación, transformación y aprovechamiento de los recursos energéticos del país.

El Comité Organizador del evento estuvo formado por los Drs. Octavio Rascón y Mariano Bauer, Directores de la Facultad de Ingeniería y del Programa Universitario de Energía, respectivamente, encomendándose la organización del evento al Dr. Juan Quintanilla del Programa Universitario de Energía y al M. en I. Enrique Heras de la Facultad de Ingeniería.

Sin pretender que el material sometido para el evento sea exhaustivo, si representa un primer perfil de las actividades que se han realizado o están en proceso en México, tanto en los aspectos de prevención, como de control de la contaminación.

La Memoria está constituida por el texto de las ponencias, las preguntas (P), respuestas (R) y comentarios (C), así como la Relatoría General del evento.

La publicación de esta Memoria es patrocinada por la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería y Programa Universitario de Energía) y por la Secretaría de Desarrollo

Urbano y Ecología (Subsecretaría de Ecología).

El editor agradece la colaboración del Ing. Miguel Angel García Lara de la Dirección de Proyectos de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de Bufete Industrial, del Dr. Enrique Tolvía Meléndez de la Subsecretaría de Regulación Sanitaria de la SSA; del Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y del Dr. Jorge Aguirre Martínez de la Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación de la SARH; quienes fungieron como relatores de las sesiones uno a cuatro, respectivamente.

Asimismo se señala la valiosa participación de la Lic. Silvia Muñoz Occe-lli en la revisión del material aquí presentado.

Es opinión del editor que el material vertido en esta publicación representa un documento valioso por la información y directrices que proporcionará a los grupos y sectores relacionados con el Medio Ambiente y su protección.

Dr. Juan Quintanilla Martínez
Editor

CONTENIDO



FACULTAD DE INGENIERIA

G- 612234

PROGRAMA	XIX
PALABRAS DE BIENVENIDA	XXV
INAUGURACION	1
<i>Diciembre 4, 1984</i>	
CONFERENCIA MAGISTRAL	
NECESIDADES ENERGETICAS DE MEXICO Lic. Eliseo Mendoza Berrueto	7
PRIMERA SESION: HIDROCARBUROS	
ALGUNOS PROBLEMAS AMBIENTALES OCASIONADOS POR LA EXPLORACION Y EXPLOTACION DE PETROLEO Y GAS NATURAL M. en C. Miguel O. Chávez Lomelí	17
PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL PROCESADO DE PETROLEO Y GAS NATURAL M. en I. Salvador Ayanegui Jaritz	25
PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL USO DE LOS DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL Dr. Humberto Bravo Alvarez Ing. Ricardo Torres Jardón	35
SEGUNDA SESION: OTROS ENERGETICOS CONVENCIONALES	
PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS Arq. María de la Paz Becerril Albarrán	55
LA DENDROENERGIA EN EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD RURAL Ing. León Jorge Castaños Martínez Ing. Erasmo Calleros Coloni	63

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA
MINERIA DE LAS SUSTANCIAS RADIATIVAS 67
Ing. Alberto Escofet Artigas
Ing. Enrique Rodríguez Soto
Ing. Fernando Castillo Nieto

PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE CONTROL EN LA
EXPLORACION Y EXPLOTACION DE YACIMIENTOS DE CARBON MINERAL 71
Ing. Luis Héctor Valdéz

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA
EXPLORACION Y EXPLOTACION DE RECURSOS GEOTERMICOS 91
Dra. María Viñas Sendic

TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO
DE LOS RECURSOS ENERGETICOS 101
Dr. Alejandro Arriola Medellín

Diciembre 5, 1984

TERCERA SESION: ENERGETICOS DEL FUTURO

POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL USO DE LAS
PLANTAS SOLARES PARA LA GENERACION ELECTRICA 119
EN GRANDES CANTIDADES
Dr. Jorge M. Huacuz V.

IMPLICACIONES AMBIENTALES DEL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA 131
M. en C Ana María Martínez Leal

ALGUNOS PROBLEMAS DE LA EVALUACION DE FUENTES DE ENERGIA 137
Dr. Bruno de Vecchi

POSIBLES IMPLICACIONES PARA LA SALUD
DERIVADAS DEL USO DE LOS ENERGETICOS 143
Dra. Cristina Cortinas de Nava
Dr. Javier Espinosa Aguirre

TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO
DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA 157
Dra. Eugenia J. Olguín Palacios

CONFERENCIA MAGISTRAL

IMPPLICACIONES AMBIENTALES Y LEGALES DE LA EXPLORACION, EXPLORACION Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS Dr. Gonzalo Persson Pérez	167
---	-----

CUARTA SESION: MARCO LEGAL Y CONTROL AMBIENTAL

ACTIVIDADES DE PROTECCION AMBIENTAL EN PETROLEOS MEXICANOS Ing. Francisco Ramírez Chávez	179
--	-----

CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL PROVOCADA POR PLANTAS GENERADORAS DE ELECTRICIDAD Ing. Humberto J. López Rubalcava	187
--	-----

EFFECTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA PLANTA NUCLEAR DE LAGUNA VERDE Ing. Roberto Treviño Ing. José Raúl Ortiz Magaña	197
---	-----

SESION PLENARIA

OPINION SOBRE EL TEMA: ENERGIA ELECTRICA Y MEDIO AMBIENTE Ing. Rafael Cristerna Ocampo	213
--	-----

OPINION SOBRE EL TEMA: ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE Ing. José Luis García-Luna Hernández	217
--	-----

RELATORIA GENERAL Dr. Juan Quintanilla Martínez	219
---	-----

PALABRAS FINALES Y CLAUSURA	243
------------------------------------	-----

PROGRAMA



FACULTAD DE INGENIERIA

Diciembre 4, 1984

9:00 - 9:30 Registro de participantes

INAUGURACION

9:30 - 10:00 Palabras del Ing. Octavio Agustín Rascón Chávez,
 Director de la Facultad de Ingeniería de la
 Universidad Nacional Autónoma de México

CONFERENCIA MAGISTRAL

10:00 - 10:30 **NECESIDADES ENERGETICAS DE MEXICO**
 Lic. Eliseo Mendoza Berrueto
 Subsecretaría de Energía, SEMIP

PRIMERA SESION: HIDROCARBUROS (10:30 - 14:00)

Moderador: Dr. Gonzalo Persson Pérez
 Dirección General de Prevención y Control de la
 Contaminación Ambiental, SEDUE

Relator: Ing. Miguel Angel García Lara
 Dirección de Proyectos de Ingeniería
 Sanitaria y Ambiental, Bufete Industrial

10:30 - 10:50 **ALGUNOS PROBLEMAS AMBIENTALES OCASIONADOS POR LA
 EXPLORACION Y EXPLOTACION DE PETROLEO Y GAS NATURAL**
 M. en C. Miguel O. Chávez Lomelí
 Instituto Nacional de Investigación de los
 Recursos Bióticos

10:50 - 11:10 **PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL
 PROCESADO DE PETROLEO Y GAS NATURAL**
 Ing. Salvador Ayanegui Jaritz
 Facultad de Ingeniería, UNAM

11:10 - 11:30 **PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL USO DE LOS
 DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL**
 Dr. Humberto Bravo Alvarez
 Ing. Ricardo Torres Jardón
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

11:30 - 11:45 **Receso**

11:45 - 14:00 **Discusión general**

SEGUNDA SESION: OTROS ENERGETICOS CONVENCIONALES (16:00 - 20:00)

Moderador: Ing. Jacinto Viqueira Landa
 Facultad de Ingeniería, UNAM

Relator: Dr. Enrique Tolvía Meléndez
 Subsecretaría de Regulación Sanitaria, SSA

- 16:00 - 16:20 **PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS**
Arq. María de la Paz Becerril Albarrán
Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos, CFE
- 16:20 - 16:40 **LA DENDROENERGIA EN EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD RURAL**
Ing. León Jorge Castaños Martínez
Ing. Erasmo Calleros Coloni
Subsecretaría Forestal, SARH
- 16:40 - 17:00 **PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA MINERIA DE LAS SUSTANCIAS RADIATIVAS**
Ing. Alberto Escofet Artigas
Ing. Enrique Rodríguez Soto
Ing. Fernando Castillo Nieto
Uranio Mexicano
- 17:00 - 17:15 **Receso**
- 17:15 - 17:35 **PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE CONTROL EN LA EXPLORACION Y EXPLOTACION DE YACIMIENTOS DE CARBÓN MINERAL**
Ing. Luis Héctor Valdéz
Minera Carbonífera de Río Escondido
- 17:35 - 17:55 **PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA EXPLORACION Y EXPLOTACION DE RECURSOS GEOTERMICOS**
Dra. María Viñas Sendic
Instituto de Ingeniería, UNAM
- 17:55 - 18:15 **TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS**
Dr. Alejandro Arriola Medellín
Instituto Mexicano del Petróleo
- 18:15 - 18:30 **Receso**
- 18:30 - 20:00 **Discusión general**

Diciembre 5, 1984

TERCERA SESION: ENERGETICOS DEL FUTURO (9:00 - 14:00)

- Moderador:** Dr. Juan Quintanilla Martínez
Programa Universitario de Energía, UNAM
- Relator:** Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

- 9:00 - 9:20 POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL USO DE LAS PLANTAS SOLARES PARA LA GENERACION ELECTRICA EN GRANDES CANTIDADES
Dr. Jorge M. Huacuz V.
Instituto de Investigaciones Eléctricas
- 9:20 - 9:40 IMPLICACIONES AMBIENTALES DEL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA
M. en C. Ana María Martínez Leal
Instituto de Investigaciones Eléctricas
- 9:40 - 10:00 ALGUNOS PROBLEMAS DE LA EVALUACION DE FUENTES DE ENERGIA
Dr. Bruno de Vecchi
Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias
- 10:00 - 10:15 Receso
- 10:15 - 10:35 POSIBLES IMPLICACIONES PARA LA SALUD DERIVADAS DEL USO DE LOS ENERGETICOS
Dra. Cristina Cortinas de Nava
Comisión de Ecología, D.D.F.
Dr. Javier Espinosa Aguirre
Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM
- 10:35 - 10:55 TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA
Dra. Eugenia J. Olgufn Palacios
Instituto Mexicano de Tecnologías Apropriadas
- 10:55 - 11:10 Receso
- 11:10 - 14:00 Discusión general

CONFERENCIA MAGISTRAL

- 16:00 - 16:30 IMPLICACIONES AMBIENTALES Y LEGALES DE LA EXPLORACION, EXPLOTACION Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS
Dr. Gonzalo Persson Pérez
Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, SEDUE

CUARTA SESION: MARCO LEGAL Y CONTROL AMBIENTAL (16:30 - 20:00)

Moderador: Dr. Enrique Riva Palacio Chiang
Dirección de Control de la Contaminación Ambiental de la Comisión de Ecología del D.D.F.

Relator: Dr. Jorge Aguirre Martínez
Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, SARH

- 16:30 - 16:50 ACTIVIDADES DE PROTECCION AMBIENTAL EN PETROLEOS MEXICANOS
Ing. Francisco Ramírez Chávez
Gerencia de Protección Ambiental, PEMEX

XXIV

16:50 - 17:10

CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL PROVOCADA POR
PLANTAS GENERADORAS DE ELECTRICIDAD
Ing. Humberto J. López Rubalcava
Gerencia de Proyectos Termoeléctricos, CFE

17:10 - 17:30

EFFECTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA
PLANTA NUCLEAR DE LAGUNA VERDE
Ing. Roberto Treviño
Ing. José Raúl Ortíz Magaña
Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias

17:30 - 18:15

Discusión general

18:15 - 18:30

Receso

18:30 - 20:00

Sesión Plenaria

OPINION SOBRE EL TEMA: ENERGIA ELECTRICA Y MEDIO AMBIENTE
Ing. Rafael Cristerna Ocampo
Subgerencia de Estudios Eléctricos, CFE

OPINION SOBRE EL TEMA: ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE
Ing. José Luis García-Luna Hernández
Instituto Mexicano del Petróleo

CLAUSURA

20:00 - 20:30

Palabras del Dr. Mariano Bauer Ephrussi, Director del
Programa Universitario de Energía de la Universidad
Nacional Autónoma de México

**PALABRAS
DE
BIENVENIDA**

A nombre del Programa Universitario de Energía y de la Coordinación de la Investigación Científica, doy a ustedes la bienvenida a este recinto de la UNAM.

El presente Simposio es característico de las actividades encomendadas a los Programas Universitarios, como es la de promover el intercambio de información y la vinculación del sector universitario con los sectores externos en problemas de interés nacional; como son alimentación, salud, energía y relaciones sociopolíticas, tanto internas como con el extranjero. Independientemente de donde han sido ubicados los Programas en la estructura universitaria (los de Alimentos, Investigación Clínica y Energía en la Coordinación de la Investigación Científica; el Programa Justo Sierra en la Coordinación de Humanidades y el Programa de Cómputo en la Secretaría General) el enfoque de todos ellos trasciende este marco institucional. Sus actividades son motivadas por las distintas dependencias universitarias - Facultades, Institutos, Centros y Escuelas -, ya que los programas son en realidad un mecanismo para movilizar la capacidad universitaria existente y para gestar el encuentro interdisciplinario que las problemáticas planteadas requieren.

Esta reunión sobre Energía y Medio Ambiente responde a un planteamiento de la Facultad de Ingeniería al Programa Universitario de Energía. Su realización se deriva de un esfuerzo conjunto. El programa propuesto, con los energéticos convencionales primero, resaltando los hidrocarburos por su papel primordial en México y luego las opciones energéticas alternativas, no implica que ésta sea la manera óptima de enfocar el problema, pero hay que empezar

por algún lado. En efecto, por dondequiera que se jale el hilo de la madeja, el carácter interdisciplinario se hace evidente enseguida. A manera de ejemplo, consideramos el tema, ciertamente relevante, del consumo de leña para fines energéticos, por la población rural y la población urbana marginada, esto es, la población de menores ingresos. No existe a la fecha una cuantificación precisa del monto de energía que esta fuente proporciona, aunque se estima que es mayor que la fracción hidroeléctrica en el balance energético del país. No cabe duda sin embargo, que contribuye a la deforestación y a la erosión de los suelos. ¿Es esto un problema de control y manejo de los recursos forestales?, ¿o un problema de biología y de ingeniería genética en busca de especies de rápido crecimiento y alto contenido calorífico?, ¿o un problema socioeconómico que se resuelve al elevar el nivel de ingresos de estos núcleos para que puedan acceder a otras fuentes?, ¿y en este caso, cuál será el incremento en la contaminación ambiental cuando esta población, que suma millones, acceda al uso de electricidad e hidrocarburos?, ¿es problema de investigación científica, de investigación humanística o de legislación?, ¿es problema del sector productivo, del sector gubernamental o del sector académico?.

Estoy seguro que estos cuestionamientos surgirán a cada paso, en cada tema y que con las ponencias y las discusiones lograremos sensibilizarnos al aspecto sistémico de esta problemática y a la necesidad de colaboración amplia por parte de todos los sectores. De ser así, la Universidad, es decir, todos ustedes, habrán cumplido otra jornada de trabajo.

Muchas gracias.

Dr. Mariano Bauer Ephrussi
Programa Universitario de Energía, UNAM

INAUGURACION

Señores Miembros del Presidium
Señores Participantes del Simposio
Profesores, Alumnos, Damas y Caballeros

Es para mi sumamente satisfactorio darles a todos ustedes la más cordial bienvenida a esta Facultad de Ingeniería de la UNAM, y declarar a nombre del Sr. Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, Dr. Octavio Rivero Serrano, inaugurados los trabajos de este Simposio de Energía y Medio Ambiente, que organizan conjuntamente el Programa Universitario de Energía y la Facultad de Ingeniería.

Estoy seguro que los logros que se obtendrán de las deliberaciones y ponencias, aquí presentadas, serán de gran utilidad para el País, la Universidad y los presentes.

Mucho éxito para todos.

Dr. Octavio Agustín Rascón Chávez
Facultad de Ingeniería, UNAM

CONFERENCIA MAGISTRAL

NECESIDADES ENERGETICAS DE MEXICO

Lic. Eliseo Mendoza Berrueto
Subsecretaría de Energía, SEMIP

El desarrollo de la civilización contemporánea está indisolublemente vinculado a la capacidad con la que el hombre ha podido multiplicar sus fuerzas a través del uso de los energéticos. Primero fue la palanca, después la rueda, luego la máquina de vapor, posteriormente la electricidad y recientemente la energía nuclear. El hombre fue descubriendo fuentes energéticas cada vez más económicas y adecuadas al siempre cambiante patrón de sus necesidades. En su constante esfuerzo por mejorar su bienestar y de acuerdo al proyecto de sociedad que el hombre ha diseñado, la humanidad ha aplicado su talento y su esfuerzo para alcanzar sus objetivos de desarrollo. Estos objetivos están vinculados intrínsecamente al desarrollo de la energía.

Durante muchos años el petróleo ha sido la fuente de energía dominante. Sus primeras aplicaciones fueron para obtener alumbrado público y privado, pero su mayor impulso fue cuando se inventó el motor de combustión interna y se le utilizó en las turbinas para generar energía eléctrica. Además, su papel como materia prima, ofrece muy variadas aplicaciones industriales.

La importancia que han llegado a adquirir los hidrocarburos es evidente: más del 20% del comercio mundial está representado precisamente por el intercambio de hidrocarburos. Su abasto seguro ha sido preocupación fundamental en el diseño de las estrategias de los países desarrollados y en desarrollo, y su impacto polivalente condiciona variados aspectos del desarrollo integral de las naciones.

Por lo que respecta a México, el Programa Nacional de Energéticos 1984-1988 reconoce que el nivel de desarrollo económico que hemos alcanzado no sería concebible sin la aportación del sector energético, el cual se ha transformado cualitativa y cuantitativamente en poco tiempo. Así, por ejemplo, en 1983 el sector representó en su conjunto poco más del 5% del PIB; aportó aproximadamente un 35% del total de ingresos fiscales, proporcionó alrededor de la mi-

dad de ingresos en cuenta corriente de la balanza de pagos y significó poco más de una tercera parte de la inversión pública total. Estos cambios comprometen al país para seguir actuando con responsabilidad no sólo en el mercado internacional, sino también en las transformaciones cualitativas que el mismo sector exige.

Sin embargo, el inusitado dinamismo del sector energético provocó desfases y desequilibrios en su propio ámbito, en materia regional y ambiental y con el resto de la economía. Por ello, el cambio estructural que propugna el PND está indisolublemente ligado al sector energético, no sólo por sus contribuciones concretas en materia de divisas, ingresos fiscales, ahorro público y compras, sino porque, como en todo el mundo, las transformaciones energéticas impulsarán el cambio técnico, impondrán nuevos "estilos tecnológicos", inducirán cambios profundos en la estructura productiva y seguirán marcando pautas en las relaciones comerciales, financieras y políticas entre los países del orbe.

Por ello, el sector energético se encuentra influido por la estructura energética mundial, que ha revelado que el cambio más importante se ha dado en la evolución de la demanda. Como respuesta a las crisis petroleras y a la elevación de los precios del crudo, los países industrializados implantaron una política de ahorro de energía cuyos resultados, sin haberse manifestado todavía plenamente, son considerables. La transformación se inició desde principios de los setenta y se aceleró después de 1979; a partir de entonces, el consumo total de energía en el mundo ha disminuido en un 0.3% anual promedio y en los países industrializados en casi un 3%. No obstante, en el presente año se ha modificado esta tendencia que augura mejores tiempos para el mercado petrolero.

Si bien estas reducciones obedecieron en parte a un menor nivel de actividad económica, asociado con la recesión

mundial, no cabe duda que los procesos de ahorro y diversificación fueron sus causas más importantes. Esto provocó que en los países de la OCDE las relaciones del consumo de energía primaria y de petróleo, con respecto al PIB, bajaran a menos de la unidad, hasta situarse en 0.5 y 0.4 en los últimos años.

Por lo que respecta al sector energético nacional, un problema importante se ubica en el alto consumo de energía, cuyo aumento anual fue de 9% en el período 1970/1982; lo que elevó la relación de consumo de energía con respecto al PIB a cerca de 1.7.

Otro problema importante del sector energético nacional es su alta dependencia con respecto a los hidrocarburos. Aunque este fenómeno es en gran medida natural, dadas nuestras amplias reservas, en una perspectiva de largo plazo esto significa una rigidez no sólo del sector sino de toda la economía.

Por otra parte, la vinculación del sector energético con el resto de la economía no se ha dado plenamente. Esto puede comprobarse por el alto contenido importado de las adquisiciones del sector, el cual se ha mantenido en torno al 40% durante los últimos años. Finalmente, otro problema significativo del sector, lo constituye la endeble situación financiera de la rama eléctrica.

El objetivo fundamental del PRONE consiste en garantizar la autosuficiencia energética presente y futura del país. Dos objetivos se asocian al anterior: impulsar el desarrollo social ampliando la cobertura del servicio de energía, evitando desequilibrios regionales y ambientales, así como impulsar el desarrollo económico vía divisas, ingresos fiscales y poder de compra.

El ahorro y uso eficiente de la energía y el logro de un balance energético racional completan los objetivos centrales del sector energético.

La estrategia del PRONE pretende aumentar el margen de maniobra del sector para que éste pueda, a mediano y largo plazos, aumentar su capacidad de satisfacer crecientes requerimientos internos de energía, mantener una plataforma flexible de exportación de petróleo y ampliar su apoyo al resto de la industria y de la economía.

El sector energético está llamado a participar activa y decisivamente en la línea estratégica de largo plazo del PND: el cambio estructural. Para ello, se han establecido como orientaciones

estratégicas el incremento de la productividad, el ahorro y uso eficiente de la energía, la diversificación de las fuentes de energía, la vinculación más eficaz con el resto de la economía y la participación responsable y activa en el mercado mundial de hidrocarburos.

Las dos grandes orientaciones que de manera más directa se encuentran comprendidas en el cambio estructural son el ahorro y uso eficiente de la energía y la diversificación de sus fuentes.

El cambio estructural que plantea el PND se define, externamente, por la competitividad de los bienes nacionales en el mercado mundial e internamente, por la integración de la planta productiva. La dimensión social de la modernización estará contenida en una mejor distribución de la riqueza producida.

Por ello, el cambio estructural es sinónimo de modernización de la planta industrial nacional. Este propósito no es una moda o capricho coyuntural, sino una necesidad política y económica en un mundo que progresa vertiginosamente. Si México no quiere ver comprometido su desarrollo económico, debe acelerar el proceso de ajustes y transformaciones para forjar las condiciones políticas, económicas y sociales que redunden en el mejor desempeño nacional.

Por lo tanto, el ahorro y uso eficiente de la energía constituyen el cambio de mayor significación en el ámbito de la política energética, al hacer más eficientes las diferentes fases del ciclo energético.

La profundización de esta orientación permitirá el cambio tecnológico para hacer más intensivo el uso de la energía. Este cambio tecnológico es, en sí mismo, parte del cambio estructural de la economía nacional que, por el peso específico del sector, inducirá la modernización del proceso productivo.

La diversificación energética, por su parte, es la ruta fundamental hacia una transición energética ordenada en el mediano y largo plazos. Estructurar un balance energético más racional, implica usar de manera más adecuada los diferentes recursos energéticos del país, con el propósito de alargar el horizonte de nuestras reservas.

En el PRONE se han definido los siguientes lineamientos generales en materia de diversificación energética:

- Impulsar el desarrollo de instalaciones termoeléctricas que pue

dan operar con combustibles alternativos.

- Alcanzar una mejor coordinación de las empresas del sector energético, para lograr una óptima combinación de fuentes primarias, garantizando así un adecuado abastecimiento a largo plazo y al menor costo.
- Incrementar la capacidad nacional de diseño y construcción de centrales a base de fuentes alternas.
- Continuar con el establecimiento de un esquema de precios realistas para los diversos energéticos, a efecto de otorgar competitividad a las distintas opciones, en función de sus costos.

Los lineamientos particulares comprenden la hidroenergía, el carbón, la nucleoelectricidad, la geotermia, la co generación y el impulso al desarrollo de fuentes no convencionales.

Las necesidades energéticas del país no estarán determinadas por un crecimiento anárquico e ineficiente del aparato económico, sino que se definirán atendiendo las prioridades nacionales, cuyo elemento fundamental es el cambio estructural.

El PRONE establece las necesidades energéticas del país para el año 2000, considerando la proyección de algunos indicadores seleccionados. Para cubrir las será necesario mantener en el próximo decenio el esfuerzo conjunto de toda la sociedad y el compromiso del sector energético en materia de eficiencia y productividad. De no ser así, la fuerza de la inercia arrastraría al país. Por ejemplo basta señalar algunos aspectos tomados del escenario tendencial del sector energético contenidos en el PRONE.

Para 1988, el consumo nacional de energía se ubicará por encima del 15% al observado en 1982. Esta evolución implicaría que el consumo de energía por unidad de producto se incrementará en aproximadamente 20% respecto al actual. Satisfacer estos niveles de demanda, manteniéndose una plataforma de exportación constante de 1.5 MMBD, requeriría, para el año 2000, de un volumen de producción de hidrocarburos, aproximadamente del doble de la producción actual.

En consecuencia, al final del periodo considerado, el balance energético nacional reflejaría la persistencia de

una acentuada dependencia de los hidrocarburos de la oferta primaria de energía, manteniéndose en poco más del 90%.

En el caso de la energía eléctrica, la demanda mantendría una tasa media de crecimiento de aproximadamente 9% entre 1988 y el año 2000. Con ello la energía necesaria bruta al final del periodo alcanzaría poco más de 300 TWh. Estaríamos hablando de tres veces el consumo actual de energía total y de casi cuatro veces el de electricidad. En términos de la composición de la estructura de la capacidad instalada, ello implicaría una participación de las plantas termoeléctricas convencionales de casi 60% del total, requiriéndose al final del periodo, combustibles en alrededor de un millón de barriles de petróleo equivalente.

Las implicaciones para el sector energético de este escenario, serían: declinación acelerada de las reservas de hidrocarburos por los crecientes requerimientos y por su explotación a ritmo superior, inversiones cuantiosas para aumentar la capacidad instalada, disminución de la exportación de crudo y quizá una eventual importación de algunos productos refinados.

En contraste con el escenario tendencial, los esfuerzos de ahorro y diversificación podrían transformar la situación. Como resultado del ahorro de energía primaria por ejemplo, el consumo total al año 2000 sería entre 18% y 22% menor con respecto a los estimados en el escenario tendencial. Ello significaría un ahorro anual equivalente a la capacidad productiva actual de la rama petrolera para el consumo interno.

Como efecto del proceso de diversificación en la rama eléctrica, las termoeléctricas convencionales reducirían su participación en favor de otras fuentes del 61% que es la cifra actual, al 45% en el año 2000; sin embargo, como resultado de la instalación de plantas duales que podrían utilizar indistintamente carbón o combustible, dicha participación podría verse disminuida hasta en un 35%.

El consumo de hidrocarburos hacia el año 2000, derivado de dicha diversificación, así como de un esfuerzo de ahorro en la generación, sería menor al tendencial en un nivel aproximado de entre 50% y 57%. Alrededor de una tercera parte del menor consumo previsto proveniría del esfuerzo de ahorro y el resto del de diversificación.

Finalmente, se obtendría un balance

energético más diversificado, en el que la dependencia de los hidrocarburos se reduciría del 93% actual a entre 68% y 73% en el año 2000. Este último resultado considera una aportación de las fuentes alternas no convencionales a la oferta total de energía primaria de alrededor del 5%.

Este esfuerzo de diversificación requerirá un gasto de inversión para la rama eléctrica entre 1984 y 2000 de por arriba de 4 billones de pesos de 1984, destacando la inversión en hidroelectricidad, nucleoelectricidad, geotermia y carboelectricidad. Para financiar este gasto, y atendiendo a la política de reestructuración financiera del sector (sobre todo en el caso de la rama eléctrica), se procurará que los ingresos propios sean cada vez más significativos en la composición del financiamiento, para lo cual se hará necesario combinar los esfuerzos de productividad con medidas de capitalización y de adecuaciones tarifarias.

Esperamos contar para el año 2000 con un México que tenga garantizada la satisfacción de sus necesidades energéticas, donde además se posea el suficiente margen de maniobra para exportar excedentes, al contar con un sector integrado y diversificado.

Este mayor margen de maniobra trascendería al mismo sector energético, reflejándose a un nivel macroeconómico. Al demandar menores recursos, respecto de la tendencia, daría mayor flexibilidad a la política de gasto público sin detrimento de otros sectores productivos. De igual manera, coadyuvaría al apuntalamiento del sector externo, al seguir constituyendo una fuente importante de divisas para el país.

De este modo queda planteada la colaboración de las estrategias de ahorro y diversificación energética en el cambio estructural.

Un papel distinto, no menos importante, lo constituye la energetización rural, que se ha revelado como una necesidad impostergable. En el PND y en el PRONE se le coloca como una tarea a emprender; al respecto, resulta conveniente destacar algunos indicadores que nos permitan visualizarla específicamente.

En México, el abastecimiento de energía en las zonas rurales se ha llevado a cabo por dos vertientes independientes. Por un lado, se han empleado los

recursos naturales de autoconsumo y, por el otro, el gobierno ha ofrecido energéticos convencionales a bajo precio.

En el caso del autoconsumo de recursos renovables se han empleado la leña, el carbón vegetal y el bagazo de caña, sin existir una planeación, evaluación o control oficial al respecto.

Con relación a los energéticos convencionales, el sector agropecuario aumentó su consumo energético en cerca del 8% en la última década, participando en 1982 con casi el 4% del consumo comercial final de energía. La demanda principal es de diesel, al consumirse aproximadamente el 12% del total producido en el país.

Asimismo, en los últimos años se ha intensificado el esfuerzo para proveer el fluido eléctrico a aplicaciones de interés social, apoyándose el desarrollo rural a través de los bajos precios de la energía.

Por lo anterior, la utilización y el desarrollo de las fuentes de energía no convencionales se presenta no sólo como elemento esencial en el proceso de diversificación en el largo plazo, sino como una opción real para responder a los requerimientos energéticos del desarrollo social y económico autónomo de las zonas rurales.

Los efectos de la disponibilidad de energía en sistemas descentralizados promueve la generación intensiva y sostenida del empleo, resulta compatible con los patrones socio-culturales locales, son fuentes no contaminantes, ayudan a satisfacer los bienes básicos y aumentan la productividad agroindustrial de transformación. Representan, en suma, un factor de bienestar para poblaciones marginadas del progreso.

Finalmente, como parte de la permanente consulta popular, se continuarán captando propuestas y puntos de vista que contribuyan a enriquecer el proceso de toma de decisiones, desde las etapas de formulación programática hasta las de instrumentación.

El sector energético compromete ante la Nación todo su esfuerzo para cumplir con los objetivos, estrategias, acciones y metas propuestas por el PRONE. Cubrir las necesidades del presente y del futuro, es una tarea cuyo buen éxito sólo se obtendrá con la participación activa de toda la sociedad.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

C. Dentro del Plan Nacional de Energía, se indica el aspecto de diversificación de las fuentes energéticas, empezando por un uso más intensivo del carbón, siguiendo con la energía nuclear y luego otras fuentes. Sin embargo, si esa diversificación se hace a base de bienes de capital de importación, como podría ser el caso de la energía nuclear, realmente estamos disfrazando el uso del petróleo, porque en el Balance de Energía, el rubro de energía nuclear estará financiado por la cantidad de petróleo que se requiera para poder adquirir los equipos necesarios y para evitar esto será necesario usar la capacidad de generación de bienes de capital del país, y la de investigación científica básica y aplicada de las Universidades e Instituciones Científicas y Educativas en general, lo cual redundará en beneficio del país.

R. Este comentario me da la oportunidad de hacer algunas observaciones sobre uno de los aspectos más relevantes del Programa Nacional de Energéticos. El comentario va en relación a una mejor vinculación del sector energético con el resto de la economía y con ello podemos acelerar el proceso de sustitución de importaciones, es decir, desarrollar nuestra propia industria de bienes de capital. Esto es en realidad muy complicado, ya que por una parte pedimos a las compañías bajos costos y entregas puntuales y a veces los industriales ni entregan barato ni a tiempo. La situación no es tan sencilla, debido a que hay que pagar el precio de la nacionalización y de la independencia económica, e incidir permanentemente en la calidad, los costos, las energías, etc. En el caso del sector energético (CFE y PEMEX) existen comités especiales para analizar estos aspectos.

Durante el proceso no sólo se identifican el tipo de plantas, sino cuestiones específicas, en las que las diferentes industrias del país indican que pueden producir y se analizan los niveles de calidad, requerimientos de financiamiento, volumen de producción, precios, etc., por otra parte, es absolutamente cierto que vamos a seguir dependiendo de bienes de capital importados.

Este es un grupo coordinado por el Director General de la Comisión Federal de Electricidad y éste tiene como objetivo presentar un informe en el que se diga de que manera se pueden integrar las nuevas plantas nucleoelectricas del país, en que plazo se pueden construir, con que tecnología, y con que grado de integración. La idea es que podamos llegar a integrar las plantas hasta en un 70% con tecnología y bienes nacionales.

Por otra parte, un aspecto muy importante en los costos, es el tiempo que se requiere para la construcción de una planta nuclear. Se hablan de tiempos de construcción de seis a seis años y medio, y dado que la tecnología de Laguna Verde es norteamericana, los problemas de carácter legal asociados con las normas de seguridad y otros condicionantes han hecho que un gran número de plantas, incluyendo Laguna Verde, extiendan sus tiempos de construcción a valores en el intervalo de 8 a 12 años. Obviamente eso es un error de costo, tomando en cuenta que la inversión esta hecha y que no empieza a redituarse hasta que la planta entra en operación comercial. En el caso de México, esperamos que con la experiencia de Laguna Verde las futuras plantas se puedan construir en alrededor de 8 años.

PRIMERA SESION: HIDROCARBUROS

PRIMERA SESION: HIDROCARBUROS

**ALGUNOS PROBLEMAS AMBIENTALES OCASIONADOS POR LA
EXPLORACION Y EXPLOTACION DE PETROLEO Y GAS NATURAL**
M. en C. Miguel O. Chávez Lomelí

17

**PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL
PROCESADO DE PETROLEO Y GAS NATURAL**
M. en I. Salvador Ayanegui Jaritz

25

**PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL USO DE LOS
DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL**
Dr. Humberto Bravo Alvarez
Ing. Ricardo Torres Jardón

35

ALGUNOS PROBLEMAS AMBIENTALES OCASIONADOS POR LA EXPLORACION Y EXPLOTACION DE PETROLEO Y GAS NATURAL

M. en C. Miguel O. Chavez Lomelf
Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos

PRESENTACION

El Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos es un Organismo Federal Descentralizado, que propugna por un adecuado uso, manejo y conservación de los recursos bióticos del país, a través de actividades de investigación y desarrollo.

Dentro de su estructura cuenta con el Centro Regional Tabasco, el cual, en el ámbito Tabasqueño lleva a cabo sus actividades.

Tabasco aporta una parte importante de la producción nacional de hidrocarburos, gracias esencialmente, a la explotación de los yacimientos del Cretácico. Así, en junio de 1981 la producción promedio diaria de crudo fue de 1,010,672 barriles y 2,364.5 miles de millones de pies cúbicos diarios (MMPCD) de gas, cantidades que a nivel de la zona sur representaban 42.76% y 66.04% respectivamente¹.

Evidentemente, tan intensa actividad petrolera ha transformado la vida de la entidad, particularmente a partir de 1976, ocasionando impactos en todos los ámbitos, incluido el de los Recursos Naturales.

En vista de lo anterior, el Centro Regional Tabasco (CRT-INIREB) inició a partir de este año, un proyecto encaminado a estudiar la alteración ambiental ocasionada por las actividades petroleras.

La presente ponencia resume algunas de las informaciones recabadas o producidas por el Centro a este respecto.

INTRODUCCION

La exploración y explotación de petróleo y gas, incluye una serie de actividades que adoptan variantes en función del ambiente en que se desarrollen éstas. Básicamente se pueden distinguir tres ambientes:

- Marino
- Lacustre
- Terrestre o Continental.

De estos tres ambientes, el marino ha recibido una gran atención de los medios de difusión; por una parte, por la innovación que representó para el país la perforación y explotación de hidrocarburos en la plataforma continental, así como, y de manera sobresaliente, por los tristemente célebres accidentes que se presentan en este tipo de ambientes, recuérdese el caso del pozo "IXTOC I", cuyos efectos trascendieron el ámbito nacional pasando a ser objeto de controversia internacional.

Los problemas ambientales asociados a los otros dos ambientes - el lacustre y el terrestre - son probablemente menos familiares a la opinión pública no especializada pero, Tabasco es un caso claro, mucho más cotidiano de lo que podría pensarse. Por ello, nos limitaremos a aportar algunos elementos en el análisis de la problemática de la exploración y explotación en ambientes continentales.

GENERALIDADES DE LOS PROCESOS

a) Exploración

Bajo este rubro se incluyen aquellas actividades encaminadas a detectar la existencia de mantos de petróleo, gas o mixtos. Básicamente incluyen dos tipos de actividades: los estudios de geofísica y la perforación de pozos exploratorios. Los estudios de geofísica superficial en sus tres niveles (reconocimiento, semi-detalle y detalle), aún cuando interactúan con el medio, no causan un impacto permanente en el ecosistema. En los trabajos sismológicos la perforación para introducir los cartuchos de dinamita y la explosión son los que pueden causar daños, pero estos son mínimos porque se cubren áreas grandes con un solo ensayo y permite una rápida recuperación del ecosistema².

b) Instalación de Pozos

Una vez determinada la localización, la apertura de un pozo requiere de un terreno de 80 metros de lado denominado "pera de perforación" y una laguneta, con dimensiones similares y una profundidad de uno a dos metros, denominada fosa de decantación cuyo objetivo es decantar el desperdicio de la perforación para que posteriormente sea quemado. La preparación del terreno consiste en clarearlo, despalmarlo y tenderle una capa de material graduado para permitir el paso de vehículos. Además de la pera de perforación, es necesario construir un camino de acceso, transitable en todo tiempo, que permita llevar el equipo y suministros necesarios para la perforación y posteriormente la explotación.

Los bordos de la fosa de decantación se construyen con el material excavado, y en uno de sus extremos se instala una tubería de salida para agua. La principal función de esta fosa es la de decantar el desperdicio de la perforación y una vez concentrados los aceites, éstos son quemados a cielo abierto³.

c) Conducción

Una vez extraído el producto del pozo, éste es conducido a las baterías donde se separa el aceite, gas y agua, disponiéndose temporalmente el aceite en tanques de almacenamiento. De ahí, el aceite y el gas se transportan por medio de ductos a las petroquímicas donde se someten a diversos acondicionamientos. La instalación de los ductos para transportar el aceite y el gas requieren de la apertura y conformación del terreno, denominado *derecho de vía*, y de la apertura de caminos de acceso para permitir el transporte de equipo y personal a los frentes de trabajo. La apertura del derecho de vía, generalmente de un ancho de 25 m, consiste en el clareamiento y despalme del terreno; a continuación se excava la zanja para colocar la tubería. Las dimensiones de la misma dependen del diámetro de la tubería, debiendo quedar ésta última protegida con una capa de tierra al final de la instalación. En zonas pantanosas o inundables, la zanja se excava a la misma profundidad que en terreno seco, sin considerar la lámina de agua. La movilidad de los hidrocarburos dentro de los ductos se logra por medio de estaciones de bombeo para el aceite y estaciones de compresión para el gas³.

d) Accidentes

Dentro de los accidentes más comunes

en la exploración y explotación de pozos petroleros, están los derrames de las fosas de decantación que contienen los desperdicios de los pozos, dado que las altas precipitaciones en el estado ocasionan un alto riesgo de ocurrencia.

De todas las instalaciones petroleras, las que tienen mayor número de accidentes son las líneas de conducción, debido a su extensión y a que atraviesan diversidad de ecosistemas³.

e) Efectos Sobre el Uso del Suelo

Dadas las altas precipitaciones en el Estado, siempre existe el riesgo de desbordamiento de las fosas de decantación, llegando a afectar hasta 70 hectáreas por pozo. Considerando que ocurran este tipo de afectaciones en un 10% de los pozos, en 1975 la superficie potencialmente afectada hubiera sido de unas 1,000 hectáreas aproximadamente.

Además, la colocación de ductos, para el mismo año habría afectado aproximadamente 3,300 hectáreas (1,300 Km por 25 m).

En resumen, según CETENAL⁴, las áreas afectadas en Tabasco por la perforación de pozos ascendía a 7,195 hectáreas, desglosado de acuerdo a la Tabla I.

ESTUDIO DE CASOS

Aún a riesgo de excluir áreas importantes afectadas, un indicador que se puede utilizar para estimar la magnitud del problema, son las reclamaciones hechas por los habitantes locales, por sus puestos daños de la industria petrolera. Así, en junio de 1984, de aproximadamente 12,000 solicitudes de indemnización en trámite, un 52% correspondía a daños por corrosión; 18% a daños a cultivos por emanaciones de gases; 13% a daños por retención de aguas; 7% a daños causados por derrames; 6% a daños por salinización y el 4% restante a conceptos varios.

A primera vista resalta que los dos primeros conceptos, que juntos alcanzan un 70% de las reclamaciones, están asociados a procesos de transformación de hidrocarburos. Los tres conceptos restantes por su parte, sí están asociados a problemas ocasionados por la exploración y explotación de los hidrocarburos.

A continuación se presentan brevemente dos casos, con la esperanza de ejemplificar los problemas asociados a la

retención de aguas y a la salinización.

Caso del Ejido "Blasillo Segunda Sección"

El Ejido Blasillo Segunda Sección está ubicado en el noroeste del Municipio de Huimanguillo, su localización geográfica es Latitud Norte 18° 02' a 18° 06' y 93° 55' a 93° 58' Longitud Oeste.

Según datos obtenidos en la Reforma Agraria se dotaron 1,400 hectáreas por resolución presidencial del 13 de septiembre de 1939, a 21 campesinos del poblado denominado "Blasillo Segunda Sección". El 25 de octubre de 1960 se levantó el acta de posesión, deslinde y amojonamiento.

La principal corriente de agua es el Río Blasillo, que cruza a lo ancho del ejido y paralelo a la carretera del Golfo y desemboca al Río Tonalá; además dentro del área en estudio se localizan una extensa red de arroyos, figurando principalmente el arroyo Tepescuintle, ya que los demás conducen agua solamente en período de lluvias.

La configuración topográfica está dada por extensas llanuras inundables, con un relieve francamente plano con pendientes que no exceden del 1%.

Los datos climáticos del área de estudio son los siguientes:

- Temperatura media mensual: 26°C
- Precipitación media del mes más lluvioso: 487 mm (octubre)
- Precipitación media del mes más seco: 50.9 mm (abril)

La actividad petrolera data alrededor del año de 1957 por instalaciones y apertura de accesos de los campos Ogarrio y Otates; inicialmente todos estos terrenos eran nacionales, motivo por el cual todas las instalaciones petroleras carecían de dispositivos de prevención y control.

Dentro de este ejido existen 19 pozos de los campos Ogarrio y Otates. Además el ejido es cruzado por tres derechos de vía que en conjunto contienen siete gasoductos de 24 y 36 pulgadas, cuatro oleoductos de 12, 20 y 36 pulgadas, un etanoducto de 20 pulgadas, un gasolinoducto de 20 pulgadas, un propanducto de 12 pulgadas, un poliducto de 12 pulgadas y un butanoducto de 16 pulgadas.

Los recorridos efectuados por perso-

nal del Departamento de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente del Gobierno del Estado en este año, permitieron constatar que la problemática de la zona consistía básicamente en la retención de agua ocasionada por las siguientes causas:

- Interrupción del escurrimiento normal por la carretera de acceso al campo Otates y taponamiento del arroyo Tepescuintle por dos derechos de vía (zona NO del ejido).
- Retención de agua por los bordes del gasoducto que sale de las compresoras del campo Otates (N del ejido).
- Retención por el camino que se dirige al pozo 102, por la inadecuada colocación de alcantarillas en este camino.
- Desbordamientos del río Blasillo por inadecuada colocación de alcantarillas.

De dicho recorrido se concluyó que la retención de agua está causada por un mal funcionamiento, roturas, azolvamientos y mala colocación del sistema de alcantarillado en los diferentes caminos construidos para tener acceso a las instalaciones petroleras. Esto se ve agravado por la topografía plana de la zona, de manera que dichos bordes y terraplenes producen represas que son capaces de generar superficies inundadas. Así, la superficie estimada como afectada, representó aproximadamente el 21% de la superficie total del ejido, lo que da una idea del potencial de problemas que puede ocasionar la inadecuada construcción o el deficiente mantenimiento de caminos y bordos en un Estado esencialmente plano.

Caso de la Salinización de Suelos en el Área de Influencia de la Laguna Machona⁵.

El área estudiada es adyacente a la Laguna Machona, rodeando a la misma en un radio aproximado de 4 Km. Esta región se haya conectada a la ciudad de Cárdenas principalmente por una carretera en parte engravada de construcción reciente y luego por un camino pavimentado en mal estado que desemboca en la carretera Villahermosa-Coatzacoalcos.

Los ejidos afectados por el problema, considerados en este reporte son: San Pedro, La Azucena, El Golpe, Benito Juárez y El Alacrán.

En 1976, se amplió la barra de la la

guna en un ancho de 50 metros para facilitar el acceso de maquinaria para la explotación petrolera por vía marítima fluvial (río Santana que desemboca en la Laguna).

Desde entonces y de acuerdo a la información proporcionada por pobladores de la zona comenzaron a observarse diferentes problemas que afectan profundamente su vida, tales como:

- *Cambios en las especies predominantes en los pastizales.*

Las comunidades de pastos constituidas fundamentalmente por el pasto alemán, el pasto gigante (*Pennisetum purpureum*), zacate estrella (*Cynodon pleistostachius*), fueron desplazados por otra comunidad dominada por la grama amarga (*Paspalum conjugatum*) y el pajón. Relacionado con dicho cambio vegetal, sucedió una fuerte disminución de la receptividad ganadera de los campos, probablemente relacionada con una menor palatabilidad y digestibilidad de las nuevas especies de pastos.

- *Baja productividad de los cocotales.*

Se percibe un achaparramiento de las matas plantadas después de la apertura de la barra, así como dificultades en la siembra de nuevas plantaciones, las nuevas matas no crecen satisfactoriamente. Por otra parte, el rendimiento de las plantas adultas se ha reducido marcadamente, pasando el número de cocos necesarios para llenar un saco de 80 Kg de 180 a 240 cocos.

- *Disminución constante de la producción del cacaotal.*

Se ha notado una disminución muy fuerte en el rendimiento del cacao, llegando en algunos años a ser casi nulo. Por otra parte, aumentaron considerablemente las plagas y enfermedades; entre las primeras pueden contarse al trips y barrenadores, mientras que dentro de las enfermedades, la más importante es *Phytophthora sp.* la que produce la pudrición negra de la mazorca.

- *Salinización de los pozos de agua.*

Este aspecto parece ser el más relacionado con la apertura de la barra. Las aguas comenzaron a adquirir una elevada concentración de sales, las que dificultan o impi-

den la utilización humana y animal. En vista de tales problemas se realizó un estudio preliminar para estudiar las características de agua, suelo y algunos materiales foliares, y a partir de ello inferir las causas de los problemas observados.

a) Aguas

En la Tabla II pueden observarse el pH, la conductividad, la salinidad y los cationes analizados, notándose que existe un aumento del pH relacionado con el aumento de la salinidad y la concentración en sodio. Las conductividades encontradas son extremadamente altas dado que una conductividad normal para un agua de riego es de 0.25 a 0.75 mmho y niveles de 0.75 a 2 presentan ya peligro de salinización a la larga.

En cuanto a los cationes, el caso más importante para comentar es el del Na, catión que en las plantas produce niveles de conductividad elevados aparte de toxicidad.

La relación del sodio con los demás cationes se establece por medio de la RAS (Relación de Absorción de Sodio), relación que permite determinar la peligrosidad de las aguas en su utilización agrícola, esto es:

$$RAS = \frac{Na^+}{(\sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}})/2}$$

Las concentraciones en cationes se expresan en meq/l. En el caso de las aguas analizadas, los respectivos RAS se muestran en la Tabla III.

Comparando estos datos con los proporcionados por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de Norteamérica⁶, puede apreciarse que la clasificación de estas aguas sería de C₃S₃ a C₄S₄ (aguas que presentan un peligro, en el aspecto de sodificación de medio a alto y en lo referente a salinidad de alto a muy alto).

En relación con los aniones, aunque no se realizaron análisis cuantitativos, los cualitativos efectuados con Acetato de Plomo y Nitrato de Plata para Cloruros y Sulfatos, mostraron altas concentraciones de ambos aniones.

b) Suelos

Para facilitar la discusión se divide el tratamiento de los suelos en dos casos:

- Suelo de cacaotal

- Suelo de pastizal

En el caso del suelo de cacaotal, el análisis de los datos no permite concluir que la salinidad sea preponderante en relación con los problemas notados. En efecto, tanto el pH como la salinidad son normales para suelos agrícolas. El Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de Norteamérica señala que las conductividades entre 2 y 4 mmhos no revisten problemas en suelos agrícolas.

En el suelo de pastizal, la situación se presenta completamente diferente, en este caso la salinidad es mucho más alta. Probablemente la cercanía a la laguna (2 Km) haya producido niveles de salinidad elevados en el perfil edáfico. Llama la atención el pH ácido determinado en este suelo, lo cual podría estar relacionado con altos niveles de ácidos fuertes ($\text{Cl}^- \text{SO}_4^-$) que neutraliza la alcalinidad producida por el Na y niveles relativamente altos de materia orgánica.

La conductividad elevada, los niveles de sodio altos, así como la relación $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ que se va aproximando al valor 1, presentan todos problemas para el crecimiento de especies vegetales no adaptadas a la salinidad⁷. Probablemente el cambio en las comunidades de pastizales notado por los productores, esté relacionado con la gradual salinización del perfil.

c) Plantas

En la literatura empleada, sólo se reportan datos de niveles de sodio para cítricos. En relación a estos, los encontrados en hojas de cacao son elevados dado que encontramos concentraciones de 0.36%, mientras que los niveles tóxicos para cítricos son de 0.25%. Las concentraciones de Ca y Mg son diez veces superiores a la normal.

En resumen se puede decir que el área presentada tiene acentuados problemas de salinidad, apreciables en primer lugar, por los niveles de Na y la conductividad de las aguas analizadas. La existencia de niveles elevados de Na en el manto freático va aumentando gradualmente, por ascenso capilar de las aguas, la concentración de los cationes en el perfil edáfico. Este hecho sumado a las inundaciones periódicas de aguas saladas en la época de nortes, ha determinado la salinización de los suelos de pastizales y el cambio de las comunidades forrajeras que permitan una buena receptividad ganadera, dichas comunidades han sido desplazadas por otras menos

productivas y palatables, pero adaptadas a la salinidad.

En el caso de aguas para consumo humano y animal, los pozos se están salinizando paulatinamente. Además, las concentraciones elevadas de Mg y probablemente SO_4^- crean problemas adicionales puesto que ambos iones son laxantes osmóticos.

El origen de estos problemas deberá asociarse principalmente, con la ampliación de la "Boca de Panteones" y esto a su vez, con las actividades de exploración y explotación por vía fluvial y la cumbre.

CONCLUSIONES

Los ejemplos anteriores hacen patente que, en el caso de la planicie costera del Golfo, los efectos ambientales de la exploración y explotación petrolera poseen por lo menos un importante componente en las modificaciones de las características hidrológicas y ecológicas de los cuerpos y cauces de agua del área. Así, ya sea el caso de la interrupción artificial del escurrimiento (Caso del Ejido Blasillo), o la salinización asociada a la apertura de la Barrera de Panteones, los problemas no son ocasionados por los hidrocarburos en sí, sino por las actividades, que de manera sistemática (acercamiento a las áreas) han estado asociadas a la perforación de pozos.

Dos aspectos importantes, por lo menos faltaron de evaluarse, por una parte los problemas asociados a los derrames de aceites y aditivos, ya sea de las fosas de decantación o por roturas de ductos, y los problemas generados en zonas inhabitadas, particularmente pantanos, donde por una parte Petróleos Mexicanos generalmente es menos cuidadoso, aún, en la instalación y mantenimiento de dispositivos de protección ambiental y que por su carácter de "inhabitados", no aparecen generalmente en las estadísticas de reclamaciones.

REFERENCIAS

1. COPLADET, Plan Estatal de Desarrollo (3a. versión) 11.8, Programa Sectorial Petróleo, Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco, 1981.
2. Toledo, A., Petróleo y Ecodesarrollo en el Sureste de México, Editorial

- Centro de Ecodesarrollo, 101-123, México, 1982.
3. Eco-Ingenierfa, S.A., Estudio para la Evaluación Inicial de Deterioro Ambiental del Estado de Tabasco. *Indito*, p. 204, 1979.
 4. Estudio de Gran Visión del Estado de Tabasco, Secretaría de la Presidencia, CETENAL, 1976.
 5. Plaza, L.P. y A.D. Goldberg, Informe Sobre la Salinización de Suelos en el Area de Influencia de la Laguna Machona, Municipio de Cárdenas, Tabasco, INIREB (Informe interno), p. 19, 1983.
 6. Allison, L.E., et. al., Suelos Salinos y Sódicos, Departamento de Agricultura, E.U., Editorial Limusa, p. 172, México, 1974.
 7. Bidwell, B.G.S., Plant Physiology, Collier Macmillan International Editions, N.Y., London, 2nd. Edition, 726, 1974.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

- P. ¿Qué hacer con las soluciones sobresaturadas, producto de la creación de depósitos subterráneos para evitar la contaminación de áreas que en ocasiones son agrícolas?
- R. A riesgo de equivocarme, y sin la certeza de dar una respuesta correcta, debo aclarar que cuando se depositan soluciones saturadas en el sub suelo, siempre se debe hacer un estudio previo de la condición de éste para garantizar su hermeticidad o sea que si la operación de inyección al subsuelo de estas soluciones sobresaturadas o saturadas está correctamente planeada y ejecutada, no debe originarse ningún riesgo para con taminar acuíferos, ésta es la primera precaución que se debe tomar en este tipo de acciones, sin embargo, suponiendo que hubiera una falla de este tipo y se quisiera corregir, quedan varios recursos, como por ejemplo, creación de lagunas confinadas, impermeabilizadas, en las cuales se lleve a cabo la evaporación de estas soluciones saturadas, en la misma forma como se obtiene la sal a partir del agua de mar en las salinas.
- P. ¿Son dados a conocer a PEMEX los estudios sobre impacto ambiental relacionados con la exploración y explotación del petróleo realizados por el INIREB? en caso afirmativo, ¿los toma en cuenta PEMEX?
- R. Al principio de la conferencia mencionaba que el tipo de actividades en este campo particular data del año pasado. Los estudios que hemos realizado en el área y en particular en el Estado de Tabasco, han estado siempre asociados de alguna manera a la instancia estatal, la cual tiene un foro llamado "Comisión para el Desarrollo de las Zonas Petroleras de Tabasco" (CODESPET) en el cual, los resultados que hemos obtenido, han sido dados a conocer, particularmente el estudio de la Laguna Machona. Yo no participo en esa Comisión, evidentemente es a otro nivel, pero sí tengo la certeza de que por lo menos ese estudio fue discutido en el seno de esa Comisión, los otros estudios están apenas en su fase de elaboración y no hay más que algunos contactos cotidianos con gentes de PEMEX con las cuales comentamos nuestros avances.
- P. Una vez que se conozcan los daños causados por las obras de PEMEX en Huimanguillo y Cárdenas, Tabasco. ¿Cuáles son las propuestas específicas del INIREB para la solución de esos problemas, tanto en su prevención como en las posibilidades de aprovechamiento de estas zonas por habitantes de las mismas?
- R. En ambos casos, las propuestas de solución vienen complementadas con las que hacen otras instituciones, en particular en el estudio que realizamos en la Laguna Machona en Cárdenas Tabasco, hacíamos como sugerencia operativa y práctica el cambiar a cultivos más resistentes a la salinidad, sin necesidad de cerrar la Boca de Panteones. Como parte de las sugerencias se dió una tabla de cultivos en función de su tolerancia a las conductividades, y se propusieron los tipos de cultivos que podrían implantarse con menor riesgo de perderse. En el caso de la retención de agua es intrínseco al mismo proceso el que tenga que haber caminos de

acceso, y líneas de conducción, no se puede proponer que dejen de existir, sin embargo, la solución es muy simple, para evitar estas retenciones de agua, los sistemas de alcantarillado tienen que hacerse con más cuidado.

P. Menciona en su ponencia la salinización de los suelos de Tabasco, ¿se han encontrado sus causas?

R. La causa aparente más evidente es la apertura y la ampliación de la Barra de Panteones, ahora Boca de Panteones, que por el efecto de las mareas ha provocado una entrada de agua marina a un ambiente natural de agua dulce y debido a la topografía plana del terreno ha permitido una salinización de toda la zona aledaña, esto se está agravando por el hecho de que frente a la Barra de Panteones desemboca el Rfo Santana, éste eventualmente trae desechos de uno de los ingenios en el Estado, pero esto es en la época de la zafra. En la época de nortes la influencia de las mareas y de los vientos hacen penetrar todavía más el agua de mar, lo que provoca que el río sea un vehículo para la penetración de la salinidad.

P. ¿Qué hace o piensa hacer la Facultad de Ingeniería o la Asociación de Facultades de Ingeniería, sobre un estudio de mercado de trabajo, para el diseño o rediseño del perfil y planes de estudio de los expertos en defensa ambiental?

R. Desde hace 25 años, la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería cuenta con la Maestría en Ingeniería Sanitaria. Sin embargo, al irse agravando los problemas ambientales, fue necesario el enfoque de los estudios, dirigiéndolos cada vez más a la cuestión ambiental, en la actualidad se puede ya obtener maestría en Ingeniería Sanitaria o bien, en Ingeniería Ambiental.

Dentro de la Maestría en Ingeniería Ambiental, existen básicamente tres áreas de especialización: a) control de contaminación de agua, b) control de contaminación de aire y c) control de contaminación por desechos sólidos. La Maestría está integrada por cuatro materias básicas que son comunes a todas las áreas, y posteriormente vienen materias optativas que dan especialidad en cada una de las áreas, por otro lado se pueden tomar materias de otras maestrías, ya que se cuenta con la suficiente flexibilidad en los planes de estudio para completar los 73 créditos que se requieren para obtener dicha maestría.

C. Como comentario final diremos que el problema de la contaminación es interdisciplinario, prácticamente no estamos hablando de una carrera o profesión en sí, sabemos que impacta al área de las ingenierías, pero también a la Biología, a la Química, las Ciencias Sociales como el Derecho, la Medicina y muchas otras áreas del conocimiento.

TABLA I

AREAS AFECTADAS POR LA PERFORACION DE POZOS⁴

Uso del Suelo	Número de Pozos	Area Afectada (Has)
Pastizal	85	382
Agricultura	36	126
Secundario de selva mediana	21	72
Pantanos y zonas inundables	2 205	6 615
TOTAL	2 347	7 195

TABLA II

ANALISIS DE AGUA
(Concentración)

No**	pH	CONDUCTIVIDAD (mmho/cm)	SALINIDAD (%)	C A T I O N E S			
				Ca ⁺⁺ meq*/l	Mg ⁺⁺ meq/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l
1	6.77	4.500	4.0	9.25	13.25	47.83	6.41
2	6.59	1.450	0.8	5.38	4.32	21.74	1.28
3	7.40	10.100	7.2	57.50	49.36	84.78	1.28
4	8.22	17.200	12.5	107.50	73.22	208.70	7.93
5	7.20	1.850				11.13	0.08

* meq = miliequivalentes

- ** 1. San Pedro, pozo a 2 Km de la Laguna utilizado para ganado
 2. San Pedro, pozo a 4 Km de la Laguna utilizado para consumo humano
 3. San Pedro, Río Santana a 10 Km de la Laguna
 4. San Pedro, Jaguey a 4 Km de la Laguna y a 1 Km del Río Santana
 5. Pozo Azucena a 5 Km de la Laguna

TABLA III

RELACION DE ABSORCION DE SODIO (RAS)
Aguas del Area de la Laguna Machona

No*	RAS
1	20.18
2	14.49
3	16.39
4	31.05

- * 1. San Pedro, pozo a 2 Km de la Laguna utilizado para ganado
 2. San Pedro, pozo a 4 Km de la Laguna utilizado para consumo humano
 3. San Pedro, Río Santana a 10 Km de la Laguna
 4. San Pedro, Jaguey a 4 Km de la Laguna y a 1 Km del Río Santana

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL PROCESADO DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL

M. en I. Salvador Ayanegui Jaritz
Facultad de Ingeniería, UNAM

ANTECEDENTES

La gran dependencia que la civilización actual tiene respecto al empleo de hidrocarburos para sus actividades tanto domésticas como industriales, comerciales y agrícolas, obliga a consumir cantidades enormes de ellos diariamente.

Para países productores de petróleo y gas, como es el caso de México la dependencia es mayor aún, dado que la comercialización de estos recursos significa un alto porcentaje de su ingreso nacional bruto.

En éstos, la problemática del control de la contaminación ambiental se complica y dificulta por fenómenos económicos mundiales de control de precios, tales como la reciente baja acontecida en los del petróleo, cuyo impacto se refleja inevitablemente en la derrama de fondos destinados a controlar la contaminación ambiental que todas las etapas del aprovechamiento de hidrocarburos implican.

Aunado a lo anterior, el elevado contenido de azufre de gran parte del petróleo crudo de México, hace que éste no tenga aceptación internacional, obligando a que sea procesado y consumido localmente con las consecuentes implicaciones ambientales que significan.

Por otra parte, paralelamente a la creación de refinerías, se originan generalmente como consecuencia de una inadecuada planeación en sus inmediaciones, asentamientos humanos con su correspondiente demanda de servicios públicos (transporte, agua potable, alumbrado, drenaje, etc.) que a su vez generan los volúmenes respectivos de aguas negras y basuras, necesidades que para el caso de nuestro país no fueron adecuadamente previstas, originando zonas habitacionales en las que las condiciones de vida son insatisfactorias e insalubres.

El procesamiento del petróleo y gas se lleva a cabo en refinerías y/o plantas que por su magnitud requieren de in-

sumos secundarios cuantiosos, entre otros, agua, energía eléctrica, recursos humanos y productos químicos. Son tan grandes estas instalaciones, que las tuberías existentes en su interior miden muchos kilómetros de longitud.

Otro elemento que incide en el procesamiento y manejo en general de derivados del petróleo y gas es su naturaleza volátil e inflamable. Con suma frecuencia se presentan explosiones e incendios que acumulan ya miles de damnificados.

Por otra parte, su demanda de agua y energía eléctrica equivale a las de poblaciones de miles de habitantes. En consecuencia, la magnitud de sus descargas contaminantes es también de proporciones cuantiosas, siendo perceptible su presencia a distancias de varios kilómetros, a través del humo y flamas de sus quemadores, el olor *sui generis* y el ruido que generan.

La naturaleza misma de los hidrocarburos naturales requiere de una gran cantidad de complicados procedimientos físicos y químicos para producir, a partir de ellos, los múltiples derivados y productos empleados en las actividades humanas.

La mayor parte de estos procedimientos son llevados a cabo a elevadas presiones y temperaturas, incluso en presencia de catalizadores, o bien a través de reacciones compuestas sumamente tóxicas y corrosivas, como en el caso de los ácidos fluorhídrico y sulfúrico, la sosa cáustica, etc.

Todo lo anterior genera inevitablemente emisiones gaseosas, líquidas y sólidas, que en el pasado fueron descargadas sin ningún control, originando daños ecológicos muy serios.

La Tabla I, muestra una lista de los principales materiales que las refinerías pueden descargar al medio ambiente en caso de no existir equipos de control, o en caso de mal funcionamiento de ellos.

A continuación se describen cualitativamente los efectos más conocidos de estas descargas.

EMISIONES A LA ATMOSFERA

De éstas, las que mayor preocupación causan son aquellas relacionadas con daños a la salud humana; los cuales son muy difíciles de precisar porque existen efectos atenuantes y sinérgicos entre unos y otros contaminantes que alteran los resultados esperados, pero existe un número considerable de estudios fundamentados en muchos años de observaciones que establecen, por ejemplo, marcada evidencia sobre una mayor incidencia de cáncer del pulmón en zonas aledañas a refinerías de petróleo, como en el caso de la porción central del sur del condado de Los Angeles, en los Estados Unidos de Norteamérica¹.

Un estudio paralelo al anterior, en la misma región indica que las partículas y aerosoles emitidos por las refinerías alteran la estabilidad de las nubes, disminuyendo con ello la probabilidad de lluvia².

En lo referente a emisiones de hidrocarburos provenientes de fugas en sellos de compresores, empaques de válvulas y bombas, de las cuales existen miles en cada refinería, se ha encontrado que la cantidad conjunta desprendida equivale a varias toneladas por día³.

Por otra parte, las partículas emitidas por las refinerías son generalmente menores de 10 micras y están compuestas en su mayor parte por cenizas provenientes de la combustión del petróleo y polvo de catalizadores. Los principales constituyentes de las cenizas son óxidos metálicos, sulfatos y cloruros, así como vanadio y níquel, los cuales son tóxicos. El vanadio por su parte, puede actuar como catalizador para convertir el bióxido de azufre, en SO_3 y ácido sulfúrico; originando la lluvia ácida.

Simultáneamente, la combustión incompleta del combustible origina compuestos orgánicos a la par que cenizas. Es bien conocido que el benzo-a-pireno y otros compuestos afines, producidos por esta combustión incompleta son carcinogénicos. Las partículas aumentan el efecto de estos compuestos porque los llevan hasta el interior de los pulmones.

Los óxidos de azufre, SO_x , son probablemente los contaminantes más significativos que las refinerías emiten, al

quemar petróleo que contiene azufre. Su mayor efecto proviene de que el SO_2 puede ser oxidado a SO_3 con relativa facilidad, el cual se combina inmediatamente con el vapor de agua para formar el H_2SO_4 , que es muy tóxico y corrosivo. La lluvia ácida producida mediante este mecanismo es capaz de corroer metales, rocas y edificios; dañar cosechas de alfalfa, granos, algodón y otras; aún los bosques de pinos sufren sus consecuencias.

Los efectos tóxicos del monóxido de carbono son bien conocidos. Este gas proviene de la combustión incompleta de los combustibles y ha habido casos en que una sola refinería ha emitido 580 toneladas de este compuesto en un día¹.

Por su parte, los óxidos de nitrógeno NO_x , que todas las refinerías emiten como resultado de la combustión, juegan un papel importante en la formación de oxidantes fotoquímicos y smog. Su presencia origina el clásico color mostaza de la atmósfera que envuelve a las grandes ciudades.

Finalmente, el bióxido de carbono producido por la combustión completa de los hidrocarburos, que se ha ido acumulando en nuestra atmósfera a lo largo del tiempo, interfiere con el reflejo del calor proveniente del sol que la corteza terrestre hace hacia el espacio exterior. A largo plazo, este efecto al revés, conocido como "efecto de invernadero" puede originar que la temperatura de la biosfera ascienda paulatinamente, acarreado la fusión de los casquetes polares con las consecuentes inundaciones de las zonas costeras y cambios climáticos.

DESCARGAS LIQUIDAS

Como podemos observar en la Tabla I, el número de los contaminantes líquidos que pueden descargar las refinerías es grande. Muchos de ellos son bien conocidos por su toxicidad hacia los animales y plantas. A manera de resumen, presentamos a continuación algunos de los problemas que originan en los cuerpos receptores de agua.

a) pH del Agua

Este se altera fácilmente por descargas ácidas o alcalinas, tales como las de los lodos residuales o las soluciones de sosa cáustica. Cuando el pH es inferior a 7, las soluciones se vuelven corrosivas hacia los metales y el concreto, pudiendo destruir rápidamente la

tuberfa del drenaje. Por debajo de 6.7 o arriba de 8.5, los peces mueren con facilidad, especialmente cuando son recién nacidos. Por otra parte, en un pH alcalino, el amoniaco pasa de estado iónico a gaseoso y se vuelve más tóxico, porque penetra por las agallas. Si el pH es ácido, los sulfuros pasan a ácido sulfhídrico gaseoso que se desprende, originando problemas de olores desagradables. También, cuando este gas se acumula dentro de las alcantarillas, puede ocasionar asfixia a los trabajadores que penetran a ellas o bien, puede formar mezclas explosivas con el aire, al igual que los hidrocarburos.

b) Temperatura

Los organismos acuáticos tienen preferencia a vivir en ciertas temperaturas, y son muy sensibles a cambios bruscos de ellas, especialmente las especies finas, como la trucha. Por otra parte, el incremento en temperatura hace que disminuya el oxígeno disuelto disponible para la respiración de los organismos y para la oxidación biológica de los compuestos orgánicos. Por esta razón los cuerpos receptores calientes son más propensos a que se presenten casos de mortandad de peces y requieren de mayor tiempo para recuperarse de descargas con demanda bioquímica elevada, es decir, su capacidad de autpurificación disminuye.

c) Sólidos Sedimentables

Estos pueden formar una capa en el fondo del cuerpo receptor, que cuando no contiene oxígeno, los sulfuros presentes en todas las aguas residuales de las refinerías forman una delgada película de ácido sulfhídrico en la interfase entre el lodo y el agua que es tóxica para los huevos de los peces y especies bentónicas.

d) Grasas y Aceites

De las descargas líquidas de las refinerías, estos son probablemente los contaminantes que mayores problemas han originado hasta la fecha, dado que pueden obstruir los drenajes por donde fluyen, alterar el funcionamiento de las plantas de tratamiento municipales convencionales y modificar sustancialmente las condiciones ecológicas de los cuerpos receptores. Dado que dependiendo de las condiciones en que se encuentren (libres, emulsionados o disueltos) pueden flotar, mantenerse en el seno del agua, o bien, sedimentarse formando lodos junto con los sólidos sedimentables según vimos anteriormente. Cuando flotan producen desagradables capas en la

superficie y márgenes de los cuerpos de agua, impidiendo el paso de la luz y la transferencia de oxígeno del aire al agua con el consecuente impacto sobre la respiración de la biota. Cuando están suspendidos o disueltos en el agua, pueden obstruir las branquias de los peces, impidiendo su respiración, o bien, ser asimilados, con lo que alteran el color y sabor de ellos y de otras especies de mariscos, especialmente las conocidas como "Filtradores", como es el caso de los bivalvos¹.

Por limitaciones de espacio no es posible ver los problemas que pueden originar los otros contaminantes presentes en los efluentes líquidos de las refinerías, únicamente es pertinente mencionar que en forma similar a los anteriormente descritos, su presencia en el agua entraña serios riesgos para la ecología de los cuerpos receptores, la salud humana y otros usos del agua, tales como la agricultura, la pesca, etc.

DESECHOS SOLIDOS

De estos, los que merecen especial consideración son los catalizadores agotados, la chatarra y las tortas de filtros.

a) Catalizadores Agotados

Su presencia en tiraderos no controlados puede llevar, por disolución, los metales pesados que contienen a cuerpos superficiales o subterráneos de agua.

b) Chatarra

Además de presentar las mismas consideraciones y efectos de los catalizadores agotados, son de especial interés el cromo y cadmio que pueden provenir de estos desechos.

c) Tortas de Filtros

Estos materiales cuando no son manejados adecuadamente, al igual que los catalizadores agotados, pueden originar incendios por auto-combustión.

CONCLUSIONES

De lo anteriormente expuesto, que podría considerarse como una reseña incompleta y superficial, de los problemas ambientales que el procesamiento del petróleo y el gas han originado, podemos concluir que esta actividad, indispensable para la humanidad en su estado ac-

tual de desarrollo, constituye un mal necesario con el que debemos vivir y estamos aprendiendo a minimizar sus efectos, a través de un profundo estudio de todas las facetas ambientales, económicas, sociales, políticas y tecnológicas que su procesamiento y control de emisión de contaminantes implica.

Un subproducto de estas actividades es la industria petroquímica, que inevitablemente va asociada al procesamiento de los hidrocarburos, la cual, a su vez, como reacción en cadena, origina otros problemas ambientales a través de la creación de nuevos productos en nuestro mundo, tales como los detergentes, los plásticos y compuestos tan tóxicos como los bifenilos policlorados y el DDT que ya han dejado huella en el medio ambiente.

Sin embargo, debemos recordar que no en vano el petróleo ha sido denominado "oro negro", y lo que su utilización ha significado para el progreso de nuestro país, a través de la creación de fuentes de trabajo, generación de energía eléctrica, pavimentación de carreteras, movimiento de ferrocarriles y vehículos, etc., y que una mirada retrospectiva hacia principios de este siglo, nos permitiría ver lo que sería el México actual de no haber contado con el concurso de este invaluable recurso.

Es necesario remarcar que esta actividad no se ha quedado estática entre

los problemas ambientales que genera, y ha desarrollado tecnologías que nos permiten minimizar su impacto sobre el ambiente. Mediante ellas, la situación ha cambiado notablemente en los años recientes, especialmente en países avanzados, donde se han logrado mejoras extraordinarias, como puede observarse en las Tablas II y III, Únicamente en lo que se refiere a lo alcanzable en materia de desechos líquidos³.

REFERENCIAS

1. Kerlin, Rabousky y Haley, Cracking Down Oil Refining and Pollution Control, Council on Economic Priorities, New York, 1975.
2. Pueschel, et. al., Meteorological Effects of Oil Refinery Operations in Los Angeles, National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, Colorado, 1979.
3. EPA, Emission Factors and Frequency of Leak Occurrence for Fittings in Refinery Process Units, Washington, D.C., 1979.
4. Eckenfelder, W., Water Quality Engineering for Practicing Engineers, Barnes & Noble, Inc., 1970.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

- P. En las refinerías cuyos sistemas de desechos líquidos están conectados a la red de alcantarillado ¿qué problemas crean al medio? y ¿existe una legislación y parámetros que regulen su envío a la red de alcantarillado?
- R. Son muchos los problemas que se atribuyen a las aguas residuales. Su acidez provoca que las tuberías se corran con mucha facilidad y se rompan ocasionando fugas que pueden llegar a los acuíferos o atacar cimientos de edificios, y los drenajes que no están contruidos con materiales ácido-resistentes adecuados. Recuerden ustedes las frecuentes explosiones que sufría la red de alcantarillado en la zona de Azcapotzalco, se desprendían malos olores, con característico olor a ácido sulfhídrico. Asimismo, se presentan problemas en

los trabajadores que bajan a las alcantarillas, debido a que se pueden asfixiar por la presencia del ácido sulfhídrico. Este ácido en condiciones anaeróbicas puede pasar a ácido sulfúrico que se colecta en la parte superior de la alcantarilla y después se condensa y ataca a las alcantarillas de concreto siendo éste más intenso en la parte superior de las mismas. Este problema se tuvo que resolver construyendo un drenaje de descarga de desechos líquidos de la refinería de Azcapotzalco a la zona de Tlanepantla (18 Km de longitud).

Respecto a la segunda pregunta, pueden recurrir al Reglamento en vigor para prevenir y controlar la contaminación de aguas, en el cual se estipulan cinco parámetros básicos y una serie de tablas complementarias. de-

pendiendo de que la descarga se lleve a cabo en cuerpos receptores superficiales de aguas dulces, aguas estuarinas o aguas de mar. En resumen, no existe un reglamento específico aplicable a las refinerías, exclusivamente, pero existe ese reglamento general dentro del cual pueden caber las refinerías y los cinco parámetros a los que hemos hecho referencia, los cuales son muy importantes: temperatura, pH, sólidos sedimentables, materia flotante, grasas y aceites.

- P. En nuestro país una de las refinerías más antiguas es la de Azcapotzalco y una de las más recientes es la de Cadereyta. ¿Cuentan ambas con todos los elementos preventivos para el tratamiento de los residuos? ¿En la última, cómo se evita legalmente la proliferación de asentamientos humanos?
- R. No he tenido acceso a cifras que muestren la calidad de los efluentes que están descargando ambas refinerías, pero obviamente, si existen todos los dispositivos y se operan en forma apropiada, creo que se podría lograr una reducción del orden del 90 a 95% de la emisión de contaminantes. Existe una tabla en mi ponencia en la que se muestra como ha ido disminuyendo la concentración de contaminantes descargados, en función de la tecnología que se ha aplicado para refinerías antiguas, prevaletientes y nuevas. Respecto a la segunda pregunta no sé si exista localmente algún reglamento que impida la formación de colonias o cinturones de miseria alrededor de los desarrollos industriales. En todo caso, creo que se podría hacer algo a este respecto con la intervención de SEDUE.
- C. Como un comentario sobre esto último, desde el sexenio pasado, a través de la entonces SAHOP se iniciaron estudios en todos los centros poblacionales del país para establecer los planes de desarrollo urbano, los cuales en su gran mayoría o han pasado a las Cámaras Estatales para su aprobación o están en este proceso. Una vez logrado este paso legal, se procederá a la materia de reglamentación para evitar la proliferación irregular de asentamientos humanos. Por ahora, hay un vacío en este aspecto y que se podrá corregir en breve.
- P. Si desde su punto de vista, la contaminación es un mal necesario con el que podemos vivir, y se ha registra-

do una alta incidencia de cáncer en los pulmones de los habitantes de zonas próximas a las refinerías. ¿Cuál sería la distancia mínima, a la cual se pueden permitir los asentamientos humanos con respecto a una refinería, planta petroquímica o industria que use combustóleo?

- R. La respuesta a esto es sencilla y está explicada en la ponencia del Dr. Bravo precisamente mediante el uso del tipo de modelos como el que les describió, y en función de las condiciones climatológicas de una región, se puede estimar a que distancia se puede establecer una comunidad para que quede dentro de las normas permisibles en los diferentes contaminantes, como son el SO_2 , SO_3 , partículas, etc.
- P. ¿Cuáles son las limitaciones tecnológicas y/o económicas para poder aprovechar la energía que se desperdicia durante la combustión de los derivados del petróleo, por ejemplo, los mecheros de las refinerías?
- R. Ustedes recordarán el mechero que ardió durante años en la refinería de Azcapotzalco, éste se transformó en un quemador sin emisiones de humo, aplicando la tecnología adecuada, existen manuales de diseño. Para el aprovechamiento de la energía, el problema estriba en los gases de desperdicio que son amargos o ricos en azufre, que al quemarse producen altas concentraciones de bióxido y trióxido de azufre, sin embargo, existen calderas especialmente diseñadas y el problema está en los materiales de construcción de los "Fluxes" y los refractarios necesarios para resistir este tipo de gas.
- P. Son bien conocidos los problemas ambientales originados por la exploración y explotación de petróleo y gas. ¿Qué medidas se toman para aminorar los problemas ambientales?
- R. En el caso del agua, para soluciones líquidas de ácidos o de álcalis, obviamente, es una neutralización que se puede lograr perfectamente con los controles adecuados. Para evitar grasas y aceites, los equipos API con sistema de flotación con o sin aire, con o sin productos químicos. Para metales pesados se puede llegar a implantar soluciones muy sencillas, como lagunas donde se procrea el lirio acuático, el cual es ávido de estos metales pesados y que los acumula.

TABLA I

PRINCIPALES DESCARGAS DE REFINERIAS SIN EQUIPOS DE CONTROL*

Emisiones a la Atmósfera	Descargas Líquidas a Drenajes, Cuerpos Receptores o al Suelo	Desechos Sólidos
Vapor de agua	Acido sulfúrico gastado	Tierras de blanqueo
Acido sulfhídrico	Fenoles	Catalizadores gastados
Oxidos de azufre	Grasas y aceites libres y emulsionados	Chatarra
Oxidos de nitrógeno	Cianuros	Basura de oficinas
Partículas	Amoníaco	Basura de restaurantes
Aerosoles	Sulfuros	Metales pesados
Acido sulfúrico	Mercaptanos	Lodos ácidos
Hidrocarburos	Lodos	Asfalto
Monóxido de carbono	Tetractilo de plomo	
Bióxido de carbono	Demanda bioquímica de oxígeno	
Acido fluorhídrico	Demanda química de oxígeno	
Mercaptanos	Sólidos (flotantes, suspendidos, sedimentables y disueltos)	
Fenoles	Hidrocarburos	
Cianuros	Cloruros	
Plomo	Catalizadores	
Hollín	Metales pesados	
Sulfatos	Glicoles	
Cloruros	Aminas	
Oxidantes fotoquímicos	Sulfatos	
Compuestos cancerígenos (benzo-d-pireno)	Sulfonatos	
	Aguas negras	
	Petróleo crudo	
	Agua caliente	

*Varía para cada instalación

TABLA II

EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE REFINERIAS

	IMPP ^a	DBO	DQO	Fenoles	Sulfuros	Sólidos Suspendidos
Tratamiento físico						
Separadores API	A.C. ^b	5-35 ^c	5-30 ^c	Reducido	N.A.	10-50
Separadores en estanque de tierra	A.C. ^b	5-50	5.40	Reducido	N.A.	10-85
Flotación con aire sin productos químicos	EFL de API	5.25	5.20	N.A.	Reducido	10-40
Tratamiento químico						
Flotación con aire sin productos químicos	EFL de API	10-60	10-50	N.A.	Reducido	50-90
Coagulación química y precipitación	EFL de API	10-70	10-50	N.A.	N.A.	50-90
Tratamiento biológico						
Lodos activados	EFL de API	70-95	30-70	65-99	90-99	60-85
Lagunas aireadas	EFL de API	50-90	25-60	65-99	90-99	0-40
Filtros percoladores	EFL de API	50-90	25-60	65-99	80-99	60-85
Zonas de oxidación	EFL de API	40-80	20-50	65-99	70-90	20-70
Tratamiento terciario						
Carbón activado	EFL-SEC	50-90	50-90	80-99	80-99	N.A.
Ozonación	EFL-SEC	50-90	50-90	80-99	80-99	N.A.

Fuente: The Cost of Clean Water⁴

a IMPP (Influyente Más Probable al Proceso) indica la base y/o grado de pretratamiento requerido para la utilización eficiente del proceso específico bajo consideración

b A.C. indica agua cruda

c DBO y DQO del aceite separable no-incluidas

TABLA III

FLUJOS PROMEDIO DE AGUAS RESIDUALES Y CARGAS DE REFINERIAS DE PETROLEO PARA TECNOLOGIAS ANTIGUA, PREVALECIENTE Y NUEVA

Tipo de Tecnología	Flujo gal/bl		DBO lb/bl		Fenol lb/bl		Sulfuros lb/bl	
	Prom	Gama	Prom	Gama	Prom	Gama	Prom	Gama
Antigua	250	170-374	0.40	0.31-0.45	0.030	0.028-0.033	0.01	0.008
Prevaleciente	100	80-155	0.10	0.08-0.16	0.01	0.009-0.013	0.003	0.0028
Nueva	50	20-60	0.05	0.02-0.06	0.005	0.001-0.006	0.003	0.0015
	litros/bl		g/bl		g/bl		g/bl	
	945	644-1410	181	141-204	13.6	12.7-15	4.5	
	378	301-586	45.4	37.3-72.5	4.5	4.1-5.9	1.4	
	189	76-227	22.7	9.1-27.2	2.3	0.45-2.7	1.4	

Fuente: The Cost of Clean Water⁴

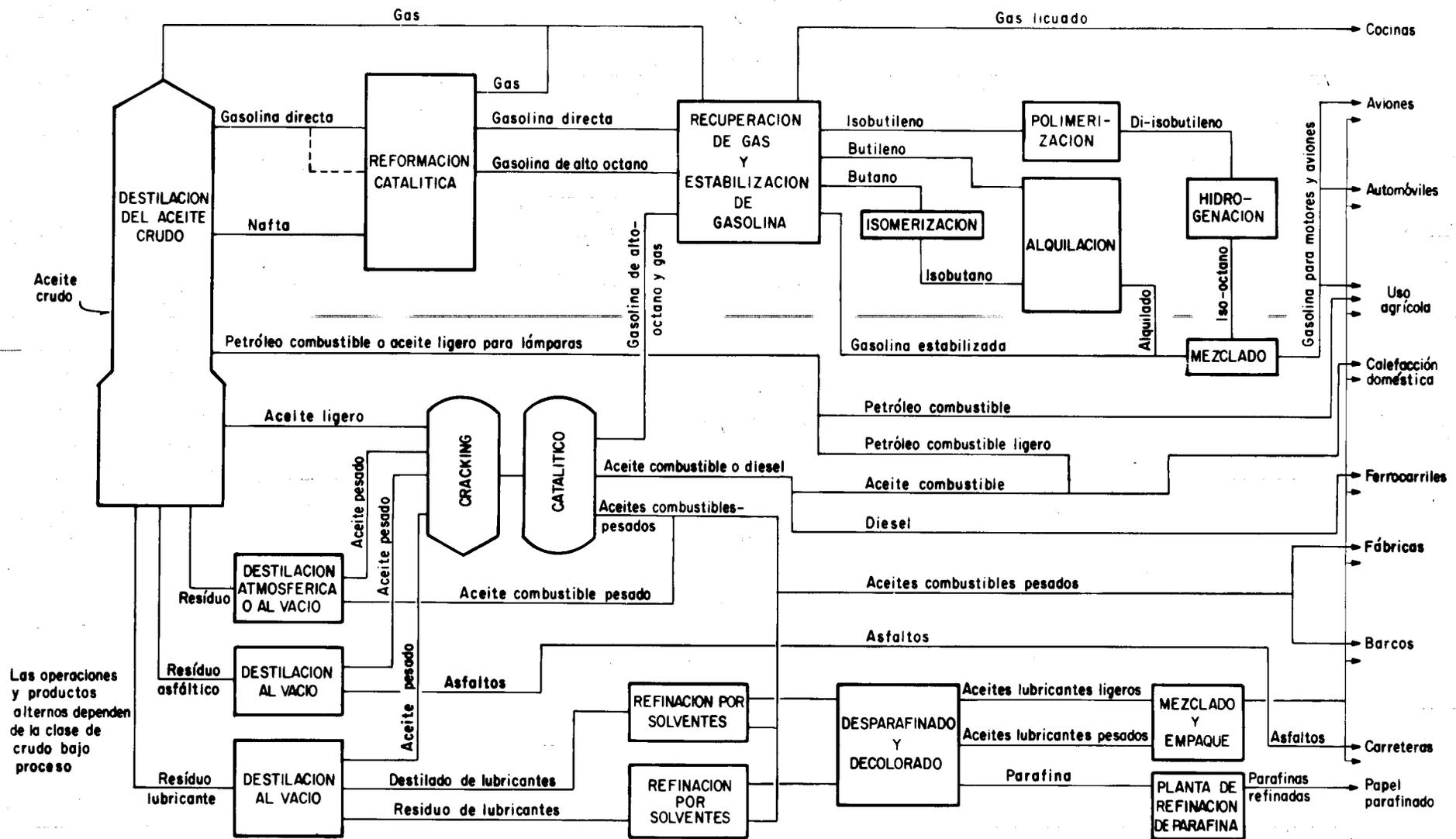


Figura 1. Diagrama general de refinación desde aceite crudo hasta productos comercializables (API)

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL USO DE LOS DERIVADOS DEL PETROLEO Y GAS NATURAL

Dr. Humberto Bravo Alvarez
Ing. Ricardo Torres Jardón
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

RESUMEN

La utilización de combustibles líquidos del petróleo y gas natural está ligada directamente con un gran número de procesos emisores de contaminantes atmosféricos. Casi todas las calderas, hornos, calentadores y secadores a nivel industrial operan con combustibles de este tipo y los motores de combustión interna los consumen también.

Cuando los hidrocarburos combustibles líquidos y gaseosos son quemados, se forman productos de oxidación, y en la mayoría de los casos éstos son emitidos a la atmósfera. En la combustión de los combustibles que contienen azufre, la formación de óxidos es inevitable, siendo parte de la emisión gaseosa a la atmósfera y como en el caso de México, estos compuestos son emitidos sin ningún tipo de control en la mayoría de los casos. El empleo de combustibles pesados en la industria de la generación de energía por centrales termoeléctricas, convierte estas actividades en las principales fuentes emisoras de dióxido de azufre.

Actualmente el consumo de estos combustibles está centralizado en termoeléctricas (52% del consumo nacional) a diferencia del uso industrial de los mismos, el cual es disperso. Se sugiere el uso de gas natural como combustible alternativo en determinadas situaciones, si se desea controlar el impacto por contaminación atmosférica a fondo.

GENERALIDADES

La industria del petróleo (PEMEX) es la encargada de obtener, procesar y distribuir sus derivados a escala nacional suministrando los energéticos y materias primas por distintos sistemas de distribución.

La Figura 1 indica en forma esquemá-

tica el proceso de refinación y los principales destinos de los derivados del petróleo y del gas natural, esta información es complementada con las Tablas I y II, en las cuales se indican la composición porcentual del volumen de producción de refinados del petróleo por tipo de producto y la utilización del gas natural respectivamente^{1,2,3}.

El uso más importante de los derivados del petróleo y del gas natural está dirigido a la generación de energía, el restante 1.3% es para consumo no energético como materia prima en petroquímica, como se muestra en la Tabla III.

La industria constituye, después del sector transporte, el segundo consumidor de energéticos en el país siendo la generación de energía eléctrica el mayor consumidor de combustibles a escala nacional⁴.

La generación de energía eléctrica en grandes centrales termoeléctricas es un proceso de bajo rendimiento; se consume energía de los combustibles para producir cantidades mucho menores de su equivalente de energía eléctrica, sin embargo, es la otra alternativa cuando no hay disponibilidad de potencial hidroeléctrico.

La diferencia existente entre el consumo industrial y el de generación de energía es que la primera se encuentra dispersa en áreas relativamente grandes, mientras que la segunda está centralizada en sitios específicos de áreas pequeñas a lo largo de la República Mexicana.

CONTAMINACION ATMOSFERICA

Las fuentes más comunes de contaminación atmosférica son las operaciones industriales y la combustión de combustibles para procesos de calentamiento y generación de energía. Las fuentes estacionarias son las responsables de las emisiones más importantes a la atmósfe-

ra, las fuentes móviles como los motores de autotransporte y otros pueden ser de gran importancia en áreas metropolitanas y en otras donde exista un movimiento pesado de transportación.

La generación de energía eléctrica mediante la combustión de derivados del petróleo y gas natural, produce contaminantes en cantidades que dependen principalmente del combustible.

El contaminante químico más importante lo constituyen los óxidos de azufre. El grado de emisión de óxidos de azufre depende del contenido de azufre del combustible quemado, de modo que la contaminación por estos agentes está más relacionada con el combustible utilizado que con el modo de operación o diseño de las instalaciones. La Tabla IV indica las características fisicoquímicas entre el combustible y el gas natural⁵.

DISCUSION

a) Fuentes Fijas

A partir de la creación de la C.F.E. en 1937, el Sistema Eléctrico Nacional ha llevado un ritmo de crecimiento sostenido. El crecimiento de este sector ha sido del 10.4% durante las últimas dos décadas, la capacidad de generación está estructurada como se muestra en la Tabla V⁶.

Para el año 2000 la C.F.E.⁷ planea la generación de 550 TWH que se producirían según se indica en la Tabla VI.

Como se mencionó anteriormente el 52% del combustible se consume en plantas termoeléctricas y el restante en actividades industriales⁴. Aunque éstas representan focos de contaminación atmosférica importantes para los centros urbanos, como las termoeléctricas Valle de México, Jorge Luque y Tula, que se localizan dentro de la Cuenca del Valle de México y la refinería de Azcapotzalco.

Para representar este caso se mencionará el impacto negativo de las termoeléctricas Valle de México y Jorge Luque y de la refinería de Azcapotzalco; en la calidad del aire de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) con respecto al contaminante bióxido de azufre (SO₂)⁸. La Tabla VII muestra las emisiones atmosféricas estimadas para la ZMCM para el año de 1983⁹.

De las 411,600 ton de SO₂/año, o sea 1,127.67 ton/día totales emitidas a la

atmósfera, 481.08 ton/día son producto de las operaciones de las termoeléctricas Valle de México y Jorge Luque, de la refinería de Azcapotzalco y otros establecimientos (Tabla VIII)⁵ que utilizan como combustible combustible esta cantidad corresponde al 42.6% del total de SO₂ emitido a la atmósfera en la ZMCM.

Las termoeléctricas mencionadas y la refinería de Azcapotzalco emiten un 36.47% del SO₂ producido por fuentes fijas y un 68% de lo calculado para la totalidad de las fuentes fijas con respecto a partículas.

El impacto ambiental negativo es evidente, sin embargo, es posible por medio de varias alternativas abatir la emisión de estos contaminantes originados por el uso del combustible.

Las Tablas anteriores muestran que si se controla el bióxido de azufre en sus principales fuentes de emisión, se logra una reducción sustancial en las emisiones totales. Esta reducción se puede llevar a cabo por el uso de gas natural como energético alternativo en las termoeléctricas mencionadas y en la refinería de Azcapotzalco, con lo cual se lograría reducir la emisión a 799.39 tons./día de SO₂, es decir, una reducción del 29.11% en las emisiones totales de SO₂ en la ZMCM.

Por otra parte, la instalación de un equipo de control de bióxido de azufre en una planta generadora de energía en el intervalo de 70 megawatts con recuperación de azufre, es de aproximadamente \$ 8,000,000.00 de dólares (1983) sin incluir colectores y precipitadores en la operación de control. Considerando el costo de este equipo de control la cantidad resultante sería de \$ 16,000,000.00 de dólares.

Las Figuras 2 y 3, representan las isopletras de concentración de bióxido de azufre (SO₂) en µg/m³ calculadas para la operación de la planta termoeléctrica Valle de México cuando su operación es con combustible y con gas natural respectivamente, tomando en cuenta las condiciones meteorológicas de mayor frecuencia en esa zona de la ZMCM⁶.

La Figura 4 muestra esquemáticamente la emisión esperada de bióxido de azufre en la planta termoeléctrica del Valle de México, por su operación actual con el uso de combustible combinado (combustible + gas natural), y la emisión esperada utilizando como combustible alternativo gas natural; la diferencia en emisión de bióxido de azufre es sig-

nificativa ($2,719.2 \text{ g s}^{-1}$ operación actual y 0.57 g s^{-1} operación con gas natural).

b) Fuentes Móviles

Como ya se mencionó, el sector transporte es el segundo consumidor de energéticos y presenta problemas en áreas metropolitanas con tráfico vehicular pesado.

Las emisiones producto de la actividad del auto-transporte representan en masa el 75.26% de los contaminantes emitidos a la atmósfera de la ZMCM y de este alto porcentaje, el monóxido de carbono representa el 89.0% (9,850 ton/día). A estas emisiones, se debe adicionar la carga de 30 a 40 ton/día de plomo, producto del uso del tetraetilo de plomo en la gasolina ($3.7 \mu\text{g/l}$ a $2.49 \mu\text{g/l}$)⁹.

Valores obtenidos durante los años 1981 a 1982 apuntan datos trimestrales de plomo en partículas suspendidas totales que son mayores a las recomendadas en los Estados Unidos de Norteamérica ($1.5 \mu\text{g/m}^3$ trimestral), encontrándose promedios muy por encima de este nivel en los meses de invierno ($2.6 \mu\text{g/m}^3$ trimestral)¹⁰.

Durante el año de 1983, los datos trimestrales encontrados en la estación localizada en Tacuba¹¹, mostraron valores menores a la norma mencionada anteriormente, lo que parece indicar que alguna estrategia se lleva a cabo por la empresa responsable de la elaboración y distribución del combustible en la Ciudad de México.

La formación del "smog" fotoquímico en la ZMCM se favorece con los atenuantes físicos de la Cuenca del Valle de México como la altitud, la radiación ultravioleta recibida, la temperatura y la humedad.

Los hidrocarburos (Tabla VII) precursores de oxidantes se encuentran en una relación más alta que la reportada en los Estados Unidos de Norteamérica¹².

CONCLUSIONES

- La utilización de derivados del petróleo en procesos de combustión y generación de energía, puede provocar impactos ambientales negativos cuando no se ha desarrollado un estudio previo en el cual será instalada esa actividad.

- El empleo de gas natural como alternativa representa la mejor solución cuando se desea abatir o evitar el problema de la emisión de contaminantes atmosféricos en procesos de combustión por la utilización de combustóleo en la generación de energía.
- El Derecho a la Salud, elevado a Derecho Constitucional, hace prioritario e imperativo que se lleven a cabo estrategias de control de la contaminación que agobia a las principales ciudades del país.
- Estas estrategias deben ser técnica, cultural, política y económicamente factibles, aún considerando los requerimientos de energía para los años futuros.
- Se ha mencionado la disponibilidad de gas natural, lo cual puede ser factor para utilizar este gas en áreas prioritarias y en alguna medida para abatir la contaminación atmosférica, si es que esto es posible, dadas las reservas actuales de gas natural.
- El control de la contaminación del medio ambiente debe empezar hoy; las fuentes emisoras, tanto del sector público como privado, deben cumplir lo que sea dispuesto por la reglamentación existente o por ser promulgada.
- Se deben evitar campañas publicitarias en las cuales se confunda a la opinión pública sobre las acciones desarrolladas en la lucha contra la contaminación del medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Biol. Guillermo Torres J., en la elaboración de cuadros ilustrativos.

REFERENCIAS

1. La Industria Petrolera en México, Coordinación General del Sistema Nacional de Información, SPP, México, 1979.
2. Anuario Estadístico 1977 y Memorias de Labores 1968-1978, Coordinación y Estudios Técnicos, PEMEX.
3. Ortiz J., El Gas Natural como Fuen-

- te Primaria de Fertilizantes, Alternativas Tecnológicas 2, Academia Mexicana de Ingeniería, México, 1983.
4. SEPAFIN, Boletín Informativo del Sector Energético, Año 2, núm. 2, marzo, México, 1978.
 5. Bravo, H. y R. Torres, Abatimiento de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México por el Uso de Combustible Alterno, X Congreso Nacional Bienal del Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, México, octubre, 1982.
 6. Fernández, G., Antecedentes, Estado Actual y Perspectivas de Desarrollo Tecnológico en el Sector Eléctrico, Alternativas Tecnológicas 2, Academia Mexicana de Ingeniería-Conacyt, México, 1983.
 7. de Buen, O., La Organización para el Desarrollo de la Industria Eléctrica Nacional, Alternativas Tecnológicas 2, Academia Mexicana de Ingeniería-Conacyt, México, 1983.
 8. SMA, Situación Actual de la Contaminación Atmosférica en el Area Metropolitana de la Ciudad de México, Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente, Técnico SMA/DSAT 04-78, México, 1978.
 9. Bravo, A. y R. Torres, Niveles de los Contaminantes en la Atmósfera de la Ciudad de México, Alternativas de Control, Ciclo Ecología y Desarrollo Industrial, Gerencia de Protección Ecológica e Industrial, PEMEX, México, 1984.
 10. Environmental Quality, The Eleventh Annual Report of the Council on Environmental Quality, The Council on Environmental Quality, Washington, D.C. U.S.A., december 1980.
 11. Tirado, S.D., H. Bravo A., et. al., Determinación del Comportamiento de las Partículas Suspendidas Totales y la Fracción Respirable en la Zona Céntrica del Casco de Sto. Tomás, D. F., IV Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Morelia, Mich., 1984.
 12. Bravo, H., R. Torres, et. al., Reporte Técnico Interno, Centro de Ciencias de la Atmósfera, México, 1984.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

- P. Se menciona frecuentemente el impacto de la energía sobre el medio ambiente, hay también un impacto social muy importante que sufren básicamente los lugareños en cualquier tipo de obra de producción de energía, como las hidroeléctricas, el carbón y el petróleo, no sólo en México sino en cualquier otro país. ¿Hay algún sistema o plan de integración de los lugareños a la nueva situación de la presencia de un sistema de extracción, de producción de energía o de una planta generadora?
- R. El mecanismo que se ha diseñado, desgraciadamente es a nivel gubernamental, es el reporte de impacto ambiental en el cual se toman en consideración todas las implicaciones, efectos e impactos, tanto positivos como negativos, que puede tener una obra determinada hacia el medio ambiente, hacia la población o hacia el contexto ambiental en que se va a localizar la obra. En otros países existen mecanismos en los cuales participan los vecinos y conocen del impacto que puede causar la obra que se piensa hacer en su localidad, ahí se pueden escuchar los pros y los contras de los vecinos. En México, el proceso gubernamental no funciona de esa manera, sin embargo, existen las asociaciones de vecinos, las cuales pueden ser vehículos adecuados para manifestar los pros y los contras de una acción dada.
- P. Si bien el gas es un combustible más limpio, ¿qué otros riesgos implica su uso?
- R. El gas, como todo combustible representa riesgos en su manejo, almacenamiento y transporte. Considero que la tecnología que actualmente se emplea en el manejo, almacenamiento y transporte de estos combustibles es adecuada y que lo que aconteció hace unos días en una instalación de PEMEX fue un accidente, accidentes que no cotidianamente ocurren, y que para prevenirlos sería conveniente contar

con equipos y cuerpos de control y seguridad adecuados.

P. ¿Cuáles fueron las condiciones experimentales para modelar la dispersión de contaminantes en el Valle de México? ¿Cuál fue el modelo que se empleó?

R. El modelo que se empleó fue un modelo Gaussiano, ya que esa termoeléctrica se ubica en una zona plana, área en la que se pueden aplicar con cierta confiabilidad este tipo de modelos. Las constantes introducidas fueron las sigmas de PASQUIL, lo cual nos da concentraciones de 10 minutos, la velocidad del aire fue la velocidad promedio, alrededor de 1 m/s. La emisión, fue la emisión calculada de la cantidad de combustible usado, conociendo su contenido en azufre en por ciento, sabemos que poco de ese azufre va a irse a trióxido de azufre en la propia chimenea, esta reacción sucede posteriormente, así que se calculó que el azufre que entraba estequiométricamente debería de salir como bióxido de azufre y se emplearon las condiciones óptimas de combustión para la central termoeléctrica.

C. Las termoeléctricas, tienen calderas con quemadores duales de combustible y gas, el utilizar este último depende exclusivamente de la disponibilidad que tenga PEMEX del mismo y que la Comisión siempre podrá utilizar en la medida en que PEMEX lo suministre. Por otro lado, el carbón subbituminoso que se tiene en el norte del país y que se quemara en las centrales eléctricas tiene un bajo contenido de azufre, menor al 1%.

P. Son bien conocidos los problemas ambientales originados por la exploración y explotación de petróleo y gas. ¿Qué medidas se toman para aminorar los problemas ambientales?

R. En el caso del aire, el problema es diferente al del agua, y consiste en el control de partículas. La metodología actual es más que suficiente para llegar a colecciones hasta del 99.99% de partículas emitidas, junto con esta eficiencia de colección va aunado el costo del colector. En cuanto al bióxido de azufre, la metodología que se tiene para limpiar los gases de este gas es bastante cara. Esta es a base de alcalis de ca^l y hay una metodología mexicana que consiste en mezclar el bióxido de azufre con amoníaco para formar un sulfato de amonio, que posteriormen-

te se puede usar como fertilizante. Sin embargo, en términos generales, el control de bióxido de azufre como gas es bastante caro, por lo que es preferible evitar quemar el azufre, sobre todo en lugares como la Ciudad de México. Para los óxidos de nitrógeno la tecnología de control "Pausas" es una tecnología bastante cara, no aplicable en todos los casos, por lo cual los óxidos de nitrógeno cuando entran en reacción en lugares como la Ciudad de México, se controlan por las relaciones que existen con los hidrocarburos estequiométricamente para que se produzca la menor cantidad posible de oxidantes.

P. Se identifican una serie de problemas de contaminación, causados por fuentes fijas o variables, sin embargo, no se mencionan posibles soluciones concretas. ¿Podría hacer algún planteamiento al respecto? ¿Se cuenta con los suficientes medios tecnológicos para el control de la contaminación?

R. Una alternativa que se mencionó para controlar y evitar la emisión de bióxido de azufre fue usar un combustible alternativo, como el gas natural. Existen otras alternativas en el área del transporte, por ejemplo, un buen sistema de transporte colectivo. Por lo que respecta a otro tipo de contaminantes, si existe la tecnología en la mayoría de los casos, en los cuales se puede controlar la contaminación atmosférica de una manera adecuada, esto implica un costo. Si el control de la contaminación se ve desde antes que se forme la fuente, es decir, que se pueda controlar tanto el energético como las materias primas que entran en un proceso dado, lo anterior es mucho más barato que realizar modificaciones para instalar equipos de control.

P. ¿Qué métodos de prevención realizan o llevan a cabo PEMEX, SEDUE y empresas privadas para evitar la lluvia ácida? ¿Hasta qué grado ha afectado al medio ambiente circundante de una población?

R. La lluvia ácida es un fenómeno que se ha presentado desde hace algunos años, principalmente en los países Escandinavos y de actualidad en las relaciones entre Estados Unidos de Norteamérica y Canadá. En México se ha estudiado lluvia ácida en la Cuenca del Valle de México desde 1980, el suelo de ésta es alcalino, por lo cual la lluvia al caer sufre una reacción y se va hacia el lado alcal-

lino y esto lo hemos detectado en los muestreadores de masa de bulto, en los cuales hay una separación entre lluvia y polvo. Cuando muestreamos en Ciudad Universitaria, empleando un muestreador en el cual se separa la lluvia del polvo (muestreador automático) encontramos que la lluvia ácida ha aparecido en nuestras muestras, es decir, hemos encontrado un desplazamiento hacia un pH ácido en la mayoría de las asociaciones dentro de la Cuenca del Valle. El año entrante se inicia el muestreo de lluvia ácida en la región fronteriza de México-Estados Unidos de Norteamérica.

La lluvia ácida ha mostrado deterioro en edificios en otros países, creo que en México también el año entrante se empieza este estudio, debe haber algún deterioro puesto que nuestros monumentos tanto precoloniales como coloniales son hechos de cantera, y es una reacción química inevitable lo que tenga que suceder entre una solución ácida y un material alcalino, sin embargo, no hemos detectado esto porque no lo hemos hecho en nuestros estudios.

En cuanto a la salud, el problema que se tiene es el de lixiviado, ya que al contener el suelo algunos metales pesados, por contaminación o por características propias, al disolverse estas sales en una solución ácida, se forma un lixiviado que puede pasar al manto freático y llegar a contaminar las aguas potables. En México estamos empezando estos estudios, en otros países por las condiciones propias del suelo, por ejemplo, los lagos de Canadá que están localizados en el suelo granítico no tienen defensa alguna contra soluciones ácidas, por lo que han encontrado muerte de peces y otro tipo de problemas biológicos, que al parecer se hacen patentes cuando llueve este tipo de solución ácida.

- P. ¿Qué equipos requeriría un organismo para aquellos casos en que se rebasan los límites tolerables de contaminación ambiental?
- R. Para las situaciones de emergencia ya existen, no en función sino en papel, diferentes programas. En marzo de este año, durante la reunión Médico Militar Internacional se presentó por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México un plan para emergencias en cuestiones de contaminación, específicamente atmosféricas. Buena información meteorológica de

la mayor parte del área donde se presume que puede haber un tipo de evento, esta información meteorológica debe analizarse tanto a nivel sinóptico, a nivel superficie y a nivel pronóstico. En el caso de la Ciudad de México, principalmente en lo que se refiere a inversiones térmicas de temperatura, las cuales muchas veces determinan o han determinado los episodios de contaminación atmosférica a nivel mundial. También se debe tener, y no se tiene, un inventario adecuado de fuentes, fuentes de emisión de contaminantes. Es necesario disponer de información y de un modelo adecuado. En el caso de la Ciudad de México el modelo es un poco más complicado que el de tipo Gaussiano, ya que estos últimos conducen a aproximaciones poco confiables en el caso de la Cuenca del Valle de México. Existen modelos con los cuales se puede manejar este tipo de situaciones en los que se consideran alturas de edificios, laderas de montañas, vientos cataváticos, vientos anaváticos, radiación solar, etc. Una vez diseñado el modelo, simplemente se le incorporarán los datos de las condiciones meteorológicas instantáneas, que en este caso serían velocidad y dirección del viento y altura de mezclado, con esto se puede no prevenir, pero si evitar que el accidente llegue a mayores.

- C. En algunas partes de los Estados Unidos, como la Cuenca del Tennessee se ha evitado este problema con la ayuda de una red de monitoreo, y para el caso del azufre las termoeléctricas tienen doble suministro de carbón, un carbón de bajo azufre y el carbón normal que consumen. Cuando la red de monitoreo detecta que se está sobrepasando un determinado límite, que consideran peligroso, automáticamente cambian a carbón de bajo azufre, en esa forma se puede ir controlando que no excedan esos límites.
- C. La SEDUE está por iniciar la operación de una red automática de monitoreo en la Ciudad de México que consta de 25 estaciones, localizadas en zonas estratégicas, principalmente cubriendo la zona de tráfico vehicular y las grandes zonas industriales del norte de la ciudad. Además, se continuarán operando 16 estaciones manuales y se incorporarán 18 meteorológicas y dos radares acústicos. Este es el sistema que la SEDUE empleará para la obtención de datos de calidad del aire y medio ambiente. Asimismo, se han iniciado las actividades del Sistema Nacional de Infor-

mación de Fuentes Contaminantes (SNIFC) en donde la industria a través de este registro proporcionará información sobre el tipo y cantidad de contaminantes que se emiten a la atmósfera por unidad de tiempo. Esto

permitirá seguir cualquier alteración en la calidad del aire producida por el SO_2 y determinar prácticamente a nivel puntual las zonas e industrias causantes de la contaminación.

TABLA I

COMPOSICION PORCENTUAL DEL VOLUMEN DE PRODUCCION
DE REFINADOS DEL PETROLEO POR TIPO DE PRODUCTO

PRODUCTO	%
Gasolinas	28.0
Kerosinas	4.3
Turbosinas	2.3
Diesel	22.6
Combustibles	27.8
Asfaltos	1.5
Lubricantes	0.9
Grasas	-
Parafinas	0.3
Gas licuado	8.5
Gas seco	2.3
Otros	0.2
Entregas netas a petroquímica	1.3

TABLA II

UTILIZACION DEL GAS NATURAL (1981)

CONCEPTO	10 ⁶ m ³	%
Producción total	41 973	100.0
A ventas en el país	14 196	33.82
A ventas en el extranjero	3 128	7.45
Consumo interno de PEMEX:		
como combustible	10 803	25.73
como materia prima	2 005	4.77
Consumo en la elaboración de:		
Amoníaco*	2 877	6.85
Total utilizado	33 009	78.62
Total no utilizado	8 964	21.38

* materia prima (60%), combustible (40%)

TABLA III

CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA PRIMARIA GENERADA POR HIDROCARBUROS SEGUN TIPO DE ENERGETICOS Y SECTOR DE ACTIVIDAD
(10¹² Kilocalorías/cantidad porcentual)

ENERGETICOS	Total	Industria	Transporte	Residencial	Agrícola	Electricidad	PEMEX usos propios	No Energético
TOTAL GENERADO POR HIDROCARBUROS	549/100	113.27/20.63	195.28/35.57	46.17/8.40	2.68/0.488	82.16/14.96	86.30/15.71	23.19/4.22
	Combustóleo	113.76/100	54.03/47.49			59.73/52.50		
Petróleo ^a (76.72%)	Gasolina	103.08/100		103.08/100				
	Diesel	90.80/100		82.73/91.11		8.07/8.88		
	Gas L.P.	25.64/100			25.64/100			
	Kerosinas	18.50/100			15.82/85.51	2.68/14.48		
	Turbosina	9.45/100		9.45/100				
	Hidrocarburos varios ^b	23.19/100						23.19/100
	PEMEX y usos ^c	36.80/100					36.80/100	
Gas Natural (23.27%)	Gas Natural	127.77/100	59.24/46.36		4.67/3.65	14.36/11.23	49.50/38.74	

a Incluye la importación de energía procedente del petróleo y sus derivados por un equivalente de 5.18×10^{12} calorías

b Se refiere a hidrocarburos que se destinan a usos no energéticos por distintos sectores

c Se refiere a la utilización de petróleo y derivados por parte de PEMEX para la realización de sus actividades

TABLA IV

PRINCIPALES CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

CARACTERISTICAS	COMBUSTIBLE	
	COMBUSTOLEO PESADO	GAS NATURAL
Gravedad API	10.9	137.5
Cenizas %	0.05	-
Azufre total %	3.60	0.0095
Poder calorífico* neto BTU/lb	17 500	19 700-19 600

* El poder calorífico puede ser expresado en BTU/Galón a 60°F o BTU/lb, la diferencia es aplicar el valor de la gravedad.

TABLA V

CAPACIDAD DE GENERACION
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Tipo de Central Generadora	Capacidad Instalada (MW)	Generación Bruta Anual (G.W.H.)
Termoeléctricas	10 000	42 335
Hidroeléctricas	6 550	24 446
Geotermoeléctricas	<u>180</u>	<u>1 000</u>
Total	16 730	67 781

TABLA VI

PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA (AÑO 2000)

Tipo de Fuente de Generación	Generación TWH
Hidroeléctricas	80
Carbón	40
Geotérmica	20
Petróleo y Gas	280
Nuclear	<u>130</u>
Total	550

TABLA VII

PROBLEMATICA DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN LA ZMCM, 1983

Contaminante	Fuentes Fijas Ton/año	%	Fuentes Móviles Ton/año	%	Total Ton/año	%
Partículas	141 000	16	12 800	0.31	153 800	3.12
Monóxido de Carbono	120 000	13	3 600 000	89.00	3 720 000	75.26
Hidrocarburos	140 000	16	385 000	9.51	525 000	10.62
Bióxido de Azufre	400 600	45	11 000	0.27	411 600	8.32
Oxidos de Nitrógeno	93 000	10	39 000	0.96	132 000	2.67
Total	894 600		4 047 800		4 942 400	

TABLA VIII

EMISIONES DE BIOXIDO DE AZUFRE Y PARTICULAS
POR COMBUSTION EN FUENTES FIJAS EN LA ZMCM

Fuente	Consumo combustóleo m ³ /día	SO ₂ Ton/día	Partículas Ton/día
Termoeléctrica Valle de México	3 500	234.00	16 760
Termoeléctrica Jorge Luque	1 200	80.54	5 740
Refinería de Azcapotzalco	190	13.74	971
Otros	2 123	152.80	10 880
Total	7 013	481.08	34 351

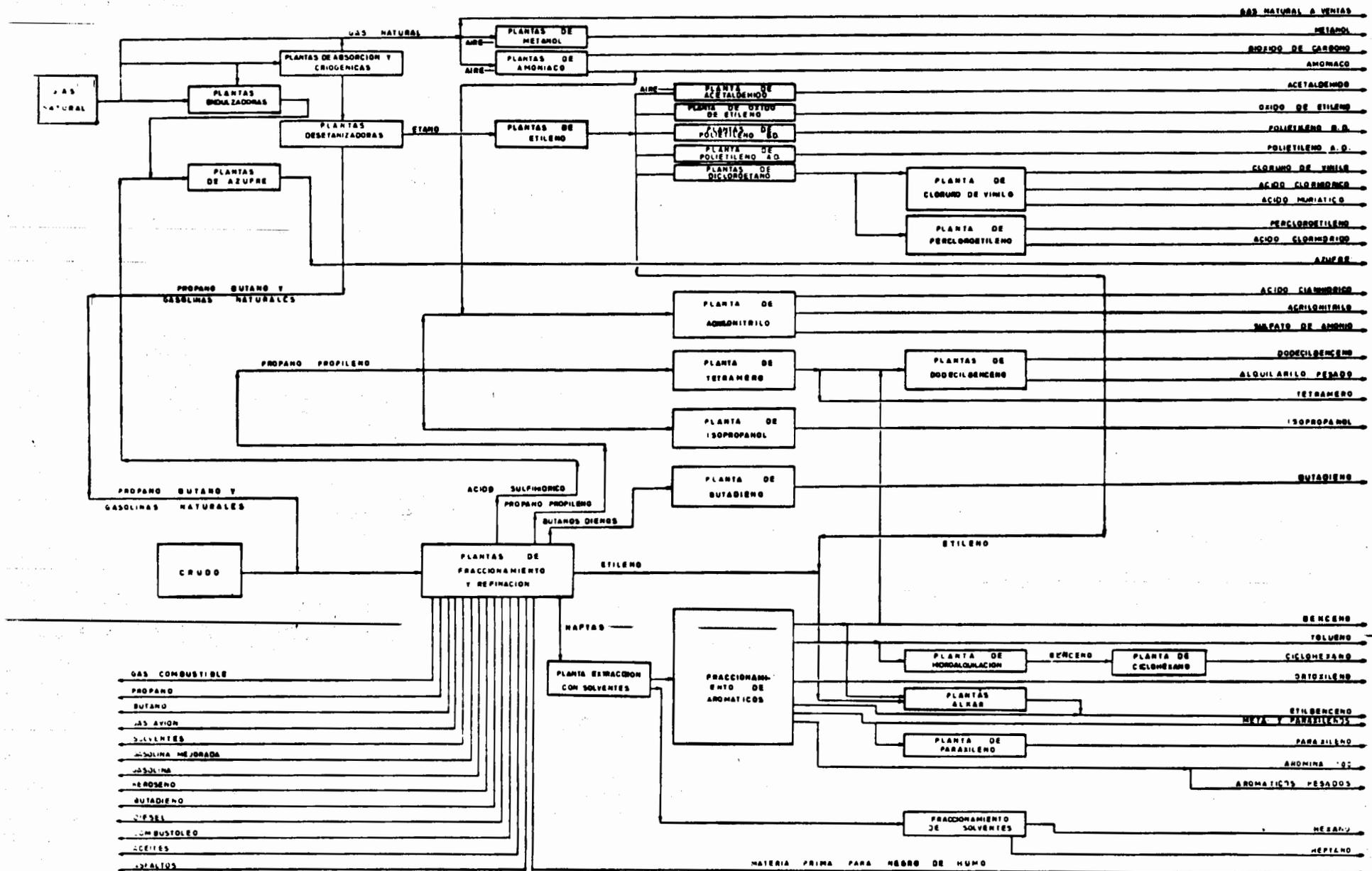
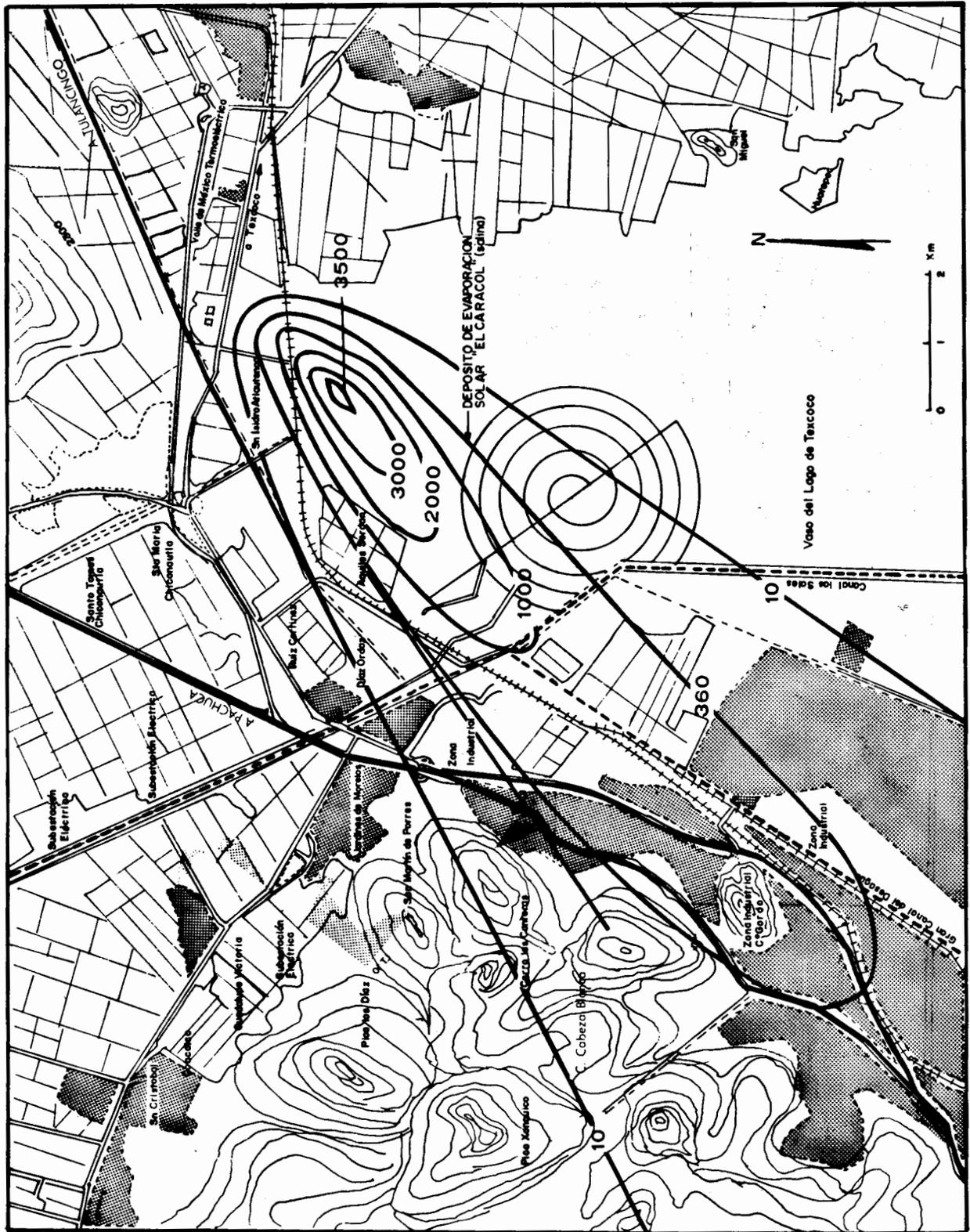


Figura 1. Esquema de los principales destinos de los derivados del petróleo y gas natural (PEMEX)



7

Figura 2. Dispersión de bióxido de azufre.
 Emisiones de la planta termoeléctrica:
 Valle de México.
 Combustible: combustóleo.

Dirección viento dominante: NE.
 Velocidad del viento: 1 m/s.
 Isolíneas en $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$

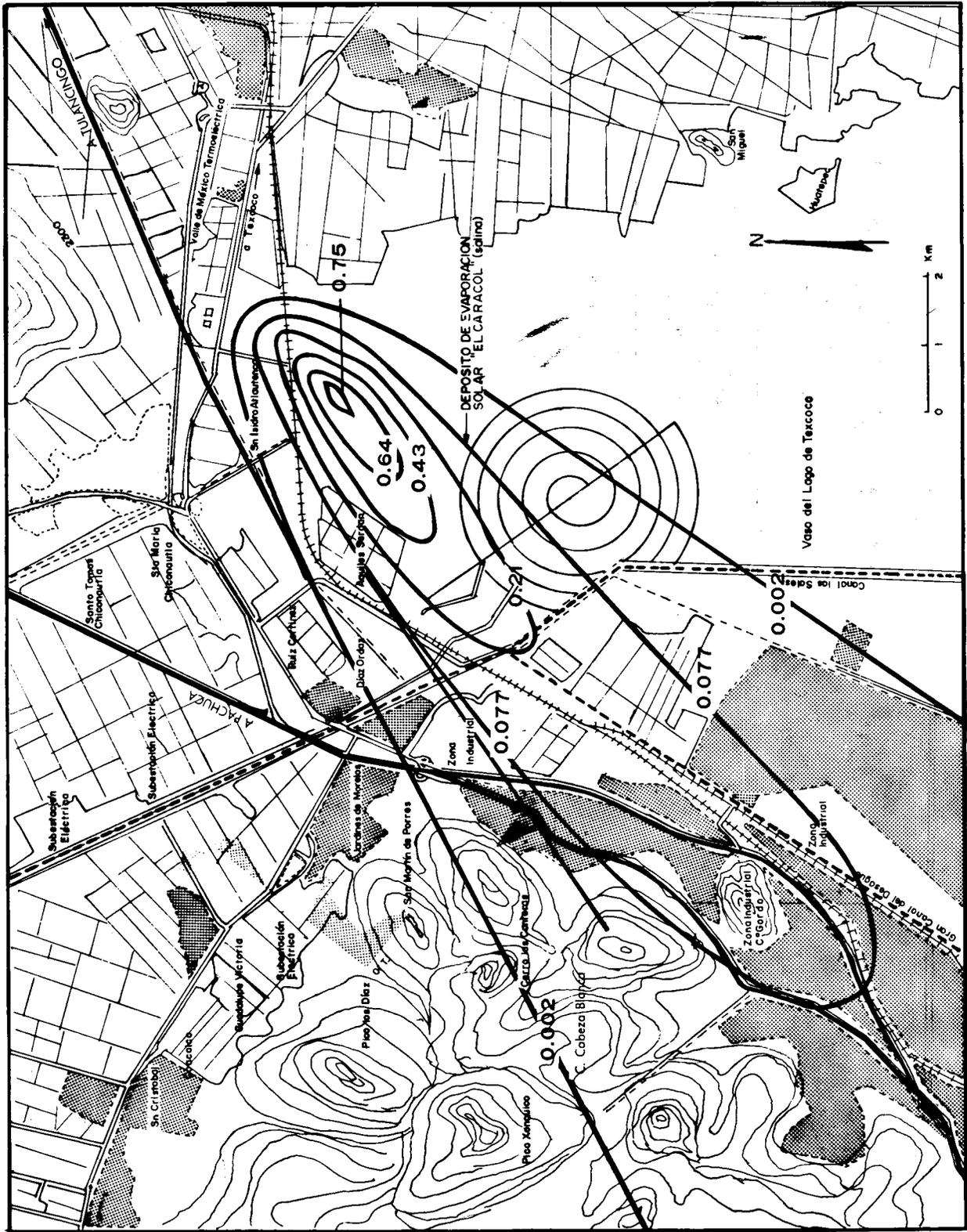
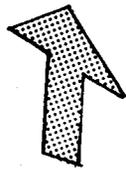


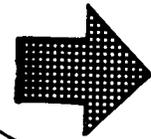
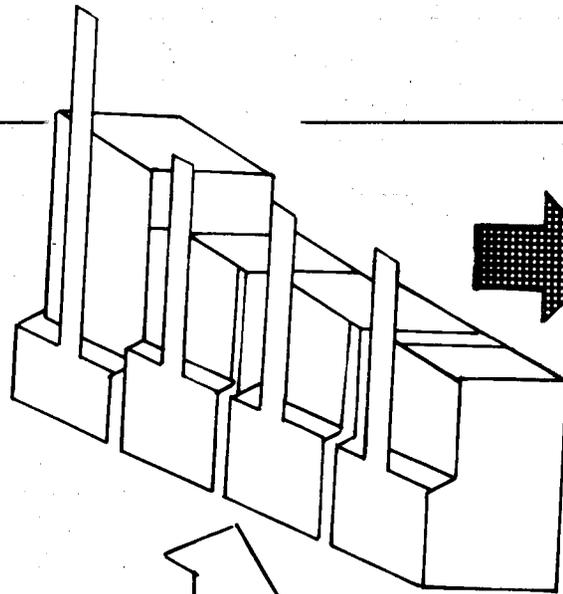
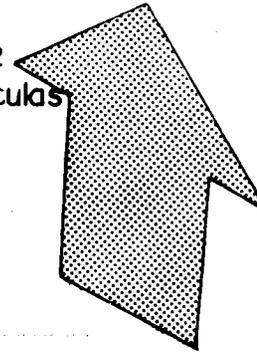
Figura 3. Dispersión de bióxido de azufre.
 Emisiones de la planta termoelectrica:
 Valle de México.
 Combustible: gas natural.

Dirección viento dominante: NE.
 Velocidad promedio del viento: 1 m/s.
 Isolíneas en $\mu\text{gr}/\text{m}^3 \text{SO}_2$



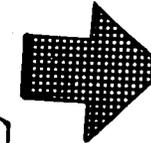
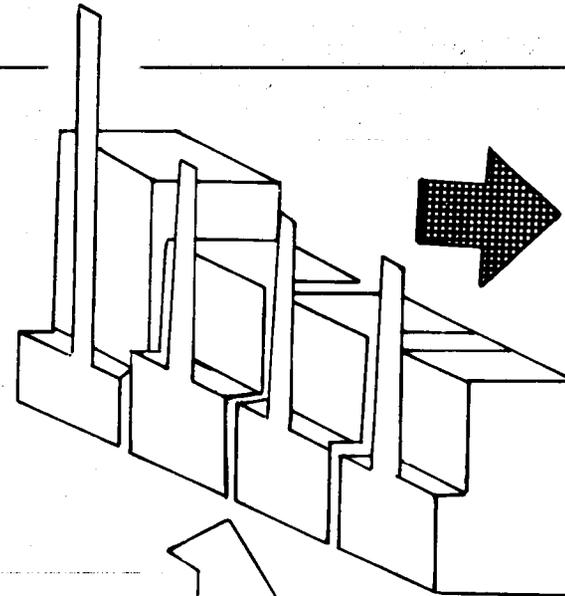
0.57 g/s SO₂
0.8 g/s partículas
0.0 g/s SO₃

2719.2 g/s SO₂
195.9 g/s partículas
36.0 g/s SO₃



750 KW

GAS NATURAL: 5'174,000 m³/D



750 KW

COMBUSTOLEO PESADO + GAS NATURAL

3,500 m³/D 1'123,032 m³/D

Figura 3. Emisiones estimadas de SO₂ y partículas por la combustión de combustóleo y gas natural, Planta Termoeléctrica del Valle de México.

SEGUNDA SESION: OTROS ENERGETICOS CONVENCIONALES

SEGUNDA SESION: OTROS ENERGETICOS CONVENCIONALES

**PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LOS
APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS**
Arq. María de la Paz Becerril Albarrán

55

**LA ENEROENNERGIA EN EL DESARROLLO DE LA
COMUNIDAD RURAL**
Ing. León Jorge Castaños Martínez
Ing. Erasmo Calleros Coloni

63

**PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA
MINERIA DE LAS SUSTANCIAS RADIACTIVAS**
Ing. Alberto Escofet Artigas
Ing. Enrique Rodríguez Soto
Ing. Fernando Castillo Nieto

67

**PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE CONTROL EN LA
EXPLORACION Y EXPLOTACION DE YACIMIENTOS DE
CARBON MINERAL**
Ing. Luis Héctor Valdéz

71

**PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA
EXPLORACION Y EXPLOTACION DE RECURSOS GEOTERMICOS**
Dra. María Viñas Sendic

91

**TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO
DE LOS RECURSOS ENERGETICOS**
Dr. Alejandro Arriola Medellín

101

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Arq. María de la Paz Becerril Albarrán
Asesoría de la Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos, CFE

La difícil situación por la que atraviesa actualmente nuestro país es consecuencia histórica, de un proceso de desarrollo capitalista dependiente, que nos sigue ubicando en el subdesarrollo: etapa donde los efectos de la crisis mundial se agudizan lesionando gravemente a los sectores mayoritarios de la población.

La concentración humana desordenada y excesiva en las grandes urbes y el consiguiente abandono del campo, plantea un estado de alarma general en cuanto a la degradación del medio ambiente. Esta se manifiesta por la explosión demográfica, la contaminación y el agotamiento de los recursos energéticos entre los que se incluyen los alimentos. La política gubernamental, dirigida a contrarrestar esta situación, debe tomar medidas inmediatas en cuanto a la conservación de la naturaleza por medio de una planificación global que parta del ordenamiento territorial, el mejor aprovechamiento y reciclado del recurso agua y la reducción en el consumo de energía.

Por otro lado, el incremento en los costos de los hidrocarburos y de las tecnologías importadas, como sería la nuclear, las limitaciones para explotar comercialmente las fuentes no convencionales de energía y la incipiente explotación geotérmica; conllevan a políticas de diversificación de fuentes energéticas que reduzcan nuestra dependencia de los recursos no renovables y de tecnologías de países desarrollados.

Como parte del plan asignado al sector eléctrico, la hidroelectricidad representa un considerable potencial tanto por las condiciones hidrológicas de nuestro territorio, como por el avance tecnológico logrado en cuanto al diseño y construcción de aprovechamientos.

La construcción de un proyecto hidroeléctrico y la inundación de su embalse implican, necesariamente, un costo social y ecológico que se traduce en impactos y efectos de consideración no sólo en el medio ambiente sino también en

lo que se refiere a la población del área.

Las afectaciones ecológicas y reacomodo de población, aún son considerados como los aspectos más conflictivos de una obra hidroeléctrica. Esto se debe en parte a la falta de políticas definidas, a la improvisación de soluciones y en ocasiones a las conductas improbas y oportunistas de algunos agentes oficiales. Pero quizá, es más importante señalar los prejuicios hacia los problemas sociales que mantienen la mayoría de los técnicos, dichos aspectos minimizados en los cuadros formativos profesionales por ejemplo del ingeniero, ocasionan que desde la aproximación al problema le resten importancia al costo social y tiendan a excluirlo aún desde las etapas de planeación de una obra. Por otra parte la falta de información, estudios y comunicación hacia los pobladores, aunados a una incapacidad de comprensión del proceso sociocultural de las comunidades, limita el diseño y la ejecución de un programa realista y coherente con los principios de comportamiento de los pueblos sujetos al reacomodo.

Actualmente es motivo de especial interés para la Comisión Federal de Electricidad llevar a cabo los Estudios de Afectaciones Ecológicas y Reacomodo de Población desde las primeras etapas de un proyecto; éstos sirven de base a las áreas de diseño, construcción y jurídica de la propia Comisión, las que en conjunto pretenden ofrecer la mejor respuesta a los problemas generados por las obras.

Dichos estudios se han encomendado a un grupo interdisciplinario integrado por agrónomos, arquitectos, biólogos, ingenieros y sociólogos; asesorados en determinados casos por otros especialistas. El grupo establece relaciones y mantiene una presencia más o menos frecuente para conocer las comunidades y su medio ambiente. Es decir, identificar los recursos naturales, la forma en que se utilizan y los resultados que se obtienen con la intervención del hombre.

Dentro del marco hipotético de un medio ambiente modificado por la presencia y efectos de un embalse artificial, el paso siguiente es elaborar un "proyecto" con la participación plena de los involucrados. Este deberá contemplar por un lado la reproducción o transformación de una estructura económica, centrada en la colectivización de los medios de producción y por el otro en el diseño de Nuevos Centros de Población que reflejen los genuinos intereses de sus habitantes.

El cambio de las condiciones del medio y la obligada reubicación de un pueblo afectan profundamente y en ocasiones hasta destruyen las estructuras socioeconómicas, rebasando sus efectos el campo del habitat. De ahí que el cambio va más allá de la reposición física del poblado porque, obviamente, resulta mucho más fácil para la Comisión restituir los servicios, edificios y viviendas de una comunidad, que reconstruir el complicado sistema económico que la sustenta por frágil que éste sea. Por tanto, es necesario enfocar el problema como un cambio total y desde la misma perspectiva con la que lo hacen sus habitantes, a quienes más les inquieta la interrogante, ¿de qué vamos a vivir?, que la de ¿dónde vamos a vivir?.

Respecto a los problemas ecológicos, la modificación del medio se produce al alterar el curso de un río, provocando con ello la inundación de una superficie determinada, incluyendo asentamientos humanos.

A partir del cambio en el régimen de la corriente y la formación de un lago artificial se tienen diversas consecuencias:

- Disminución o desaparición de las tierras de cultivo
- Pérdida de la producción frutícola y forestal
- Disminución de flora y fauna silvestres
- Destrucción de habitats y la posible desaparición de especies endémicas
- Limitación de los recursos para la caza y recolección
- Modificación en el uso de las especies

La reubicación de los poblados fuera del embalse provoca una sobre explotación de los recursos naturales, por la

desforestación y el sobrepastoreo, además del incremento en la erosión debido al cambio en el uso del suelo; por otra parte, al abrirse nuevas áreas de cultivo mediante la quema, se reducen las superficies de vegetación natural. Esta disminución o destrucción del potencial biológico de la tierra, contribuye a degradar el medio ambiente y puede iniciar un proceso de desertización.

En cuanto al medio acuático, al disminuir el tipo de agua corriente, se destruyen habitats de organismos característicos del río, ocasionando:

- Que algunas poblaciones de peces se vean desplazadas aguas arriba y otras aguas abajo del embalse; siendo afectadas por la disminución del caudal, modificándose en ambos casos, la cantidad y tipo de pesca.
- Un cambio en el patrón característico de los parámetros fisicoquímicos del agua, que asociados a las descargas urbanas de los nuevos centros de población, afectan la calidad de ésta y pueden propiciar el enriquecimiento por materia orgánica y la proliferación de malezas acuáticas.
- Un cuerpo de agua estancada, que incide por infiltración en el régimen de las aguas subterráneas. Por otro lado se produce un incremento en la humedad del ambiente al tener una mayor superficie de agua expuesta al calentamiento y evaporación.

Todos estos cambios favorecen la aparición de aves acuáticas y en muchos casos la proliferación de insectos transmisores de enfermedades como el paludismo y el dengue.

En relación a los aspectos socioeconómicos, con fundamento en estudios anteriores y la experiencia vivida en otras obras, podríamos decir que desde los primeros acercamientos para enterar a los pobladores de la construcción de la obra y por ende de la necesaria reubicación de los asentamientos localizados dentro del área del embalse, la gente sufre un impacto tal, que se traduce en incredulidad y escepticismo para después manifestarse en el rechazo de una decisión del "Gobierno" en favor de una abstracción llamada "Interés Público", sin tomar en cuenta en lo más mínimo, la presencia de esos grupos humanos. Al mismo tiempo el desconocimiento de lo que es y representa una obra hidroeléctrica, se convierte en miedo ante una

amenaza que no se disipa con las promesas de la Comisión de mejorar las condiciones en los nuevos centros de población. Impotentes así ante la inminente ejecución de las obras, la gente va asumiendo actitudes fatalistas, dependientes o reivindicativas con respecto a la Comisión.

Es importante mencionar el impacto social causado por la irrupción y establecimiento temporal de contingentes heterogéneos de trabajadores que son portadores de conductas y patrones de consumo ajenos a la población local, que demandan servicios y satisfactores escasos e inexistentes en el área, pero sobre todo los efectos inevitables de una inflación desmedida, del aumento del alcoholismo, la prostitución, la delincuencia y en ocasiones la drogadicción. Elementos todos éstos de la desestabilización económica y la desintegración social de los pueblos.

Generalmente los asentamientos se localizan en regiones cuya geografía los mantiene inaccesibles, en condiciones de vida muy difíciles, por lo que viven aislados bajo la explotación de caciques y acaparadores, que aprovechan la situación de inquietud generalizada para retomar sus funciones de intermediarios entre la población y los representantes oficiales reforzando con ello sus vínculos de poder y dominio.

En este contexto, la Comisión Federal de Electricidad debe, como principio establecer una comunicación horizontal con la población y manejar en el mismo sentido una información verídica, periódica y oportuna sobre lo que es una presa y lo que va a suceder con motivo de la construcción de las obras; con argumentos que despierten el interés y propicien la participación de todos en la planeación de su reacomodo. Principio indispensable durante el proceso de los trabajos para la reubicación y factor de éxito que permite el establecimiento de relaciones sociopolíticas más equilibradas, tanto interna como externamente.

Consecuentemente los objetivos básicos de la investigación son los siguientes:

- Mediante el conocimiento de las condiciones ecológicas y socioeconómicas de la región del proyecto, formular las hipótesis de los impactos y efectos que causará la presa sobre la población del área afectada y su medio ambiente.
- Considerando la trama de relacio-

nes regionales y dentro de un ámbito modificado, elaborar una planeación que incluya los anteproyectos para reproducir y mejorar las estructuras económicas y sociales de los pueblos sujetos al reacomodo.

El estudio se lleva a cabo en tres etapas, en la primera se identifican: población, tierras, cultivos y medios de producción que serán afectados, los resultados cuantificados aportan elementos de juicio a las áreas técnicas para determinar la factibilidad o la modificación de especificaciones del proyecto hidroeléctrico, en función de la magnitud de las afectaciones. En la segunda etapa se evalúan los aspectos económicos y sociales de la población, así como, los recursos materiales y naturales que serán afectados por el embalse, para determinar el costo social y ecológico en relación al costo total de la obra. En la última etapa y dentro de los planes de Desarrollo Regional, se proponen los anteproyectos de las estructuras económicas y sociales para los nuevos centros de población, incluyendo la estimación del monto de las inversiones en obras, medios de producción y las formas de indemnización. También se proponen programas de regeneración, uso y conservación del ecosistema; éstos además de beneficiar a los pobladores, tendrán una influencia directa en la operatividad y período de vida útil de la presa.

En conclusión se puede afirmar:

- El éxito de un reacomodo depende más de la reestructuración y consolidación de la economía, que de la restitución física de los poblados aunque éstos presenten condiciones óptimas.
- La mejor adaptación de los pobladores al medio ambiente modificado se dará en función del aprovechamiento racional de los recursos potenciales y de aquellos que se generan por el embalse como son la pesca y la acuicultura.
- Es indispensable la participación responsable de la población en los planes, diseño y ejecución de las obras de reacomodo, así como en la estructuración del sistema productivo.

Finalmente hacemos las siguientes recomendaciones:

- Que las inversiones destinadas a los programas de reacomodo se manejen con criterios de redistribu-

ción de la riqueza, que procuren disminuir las enormes diferencias económicas que prevalecen en esos pueblos.

- Para legalizar todas las decisiones, programas y acciones relativas a las afectaciones y reacomodo, es necesario el establecimiento de convenios entre las partes involucradas, siendo indispensable la intervención de la Comisión Federal de Electricidad, el Gobierno del Estado y los interesados.
- Que los órganos oficiales responsables se avoquen al rescate de especies en peligro de extinción que habitan dentro del área del embalse. Así mismo que la Comisión Federal de Electricidad, considere el aprovechamiento de las especies forestales y vegetales, con el doble propósito de obtener material para construcción y despejar relativamente la superficie que será inundada.
- En el caso de las obras hidroeléctricas, algunos efectos negativos pueden reducirse y otros transformarse en efectos positivos que propicien las condiciones para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y por ende, el desarrollo socioeconómico de la región.
- Las grandes obras de ingeniería para el aprovechamiento de los recursos energéticos, producen cambios ambientales, y la mayoría de los directivos y técnicos que participan en ellas, no están plenamente conscientes de dichos cambios, debido a que minimizan problemas y eluden su responsabilidad ecológica y social, frecuentemente con el contratismo, anteponiendo intereses profesionales y particulares a los fines últimos de estas obras que son para beneficio de la sociedad.

Por lo tanto juzgamos necesario que sean reforzados los programas académicos de todas las disciplinas, en especial las técnicas, con materias que permitan una toma de conciencia individual sobre la problemática nacional y del país que como ser social ocupamos en la crisis y la degradación del medio ambiente.

PROYECTO HIDRAULICO SAN JUAN TETELCINGO

La zona de estudio se sitúa en la

cuenca del río Balsas, abarcando parte de las regiones norte y centro del Estado de Guerrero. Para efectos de la investigación, la zona se dividió en dos áreas; la que será cubierta por el embalse a la cota 648 NAME, de aproximadamente 14,900 hectáreas y la zona de influencia.

El clima de la región pertenece al grupo de los cálidos subhúmedos, sin embargo el microclima del área es más seco con temperaturas altas, y baja precipitación pluvial, las medias anuales son de 26°C y 840 mm respectivamente. Se registra una temporada larga de sequía de siete meses y lluvias torrenciales en verano.

La topografía es sumamente accidentada con escasos lomeríos, mesetas y pequeños valles. Confluyen al río Balsas en esta área los ríos Amacuzac y Tepecoacuilco, así como numerosos arroyos intermitentes. Los suelos van de medianos a profundos, de naturaleza aluvial en lo que será el embalse, mientras que en los terrenos de alto relieve son superficies de tipo residual; en ambos casos son de formación reciente y se destinan principalmente a la agricultura de temporal nómada y en mínima parte a la de riego.

Los factores socioeconómicos que inciden en el uso del suelo y las limitaciones de los recursos pecuarios, forestales y de selva natural, inducen a un manejo extensivo y poco productivo de los mismos. La agricultura nómada, el sobrepastoreo, y las condiciones meteorológicas, han propiciado la erosión hídrica que devasta cada vez más los escasos suelos; dentro del manejo de suelos se observaron dos prácticas de conservación de los mismos.

La vegetación predominante es la correspondiente a la selva baja caducifolia, adaptada a condiciones de aridez, distinguiéndose en ella asociaciones características, incluso especies endémicas. El paisaje la mayor parte del año aparece seco y desolado debido a la pérdida de hojas de los componentes vegetales, panorama que contrasta con la espesura verde tierno que adquiere en la época de lluvias.

Desde el punto de vista de explotación forestal, la selva tiene poca importancia, sin embargo, localmente representa una amplia gama de recursos y usos múltiples como: medicinales, alimenticios, en la construcción, como combustibles y otros.

La cuenca del Balsas presenta gran

número de endemismos (de 34 especies de bursera, 21 son endémicas), también en el área de estudio se identificaron 90 especies conocidas y nombradas por los pobladores, de las cuales 80 tienen uno o más usos, entre los que destacan por sus posibilidades de desarrollo, el magüey mezcalero, la vid silvestre, el ilamo, el carrizo criollo y el clavellino.

El medio ambiente natural y el transformado proveen de gran cantidad de satisfactores, más no con suficiencia. El medio artificial les ofrece satisfactores de costo elevado, es decir, el exterior les vende soluciones técnicas o necesidades creadas.

La fauna es pobre en comparación con el resto de las regiones tropicales, presentando también gran número de endemismos debido a la adaptación de los organismos a condiciones de aridez; abundan los roedores como el conejo, la liebre y la ardilla; en mínima proporción, aún se observan otras especies como venado, coyote, zorro, puma, tlacuache, armadillo y jabalí. Entre las aves hay gran número de canoras: colibríes, carpinteros, pericos, aguilillas, buitres y otras más. De las terrestres se destacan la codorniz y la chachalaca. Entre los reptiles más comunes están las víboras (coralillo y cascabel), las iguanas y las salamandras; además de anfibios como sapos y ranas.

Existen todavía importantes extensiones de selva más o menos bien conservada (Cañon de Tuliman) que además de su valor escénico hace las veces de refugio a la fauna silvestre, sin embargo, en la actualidad ésta se ve seriamente amenazada por el hombre.

En el medio acuático, se identificaron organismos de flora y fauna, destacando entre la última, por su importancia económica, el bagre del Balsas y las mojarra blanca y criolla. Los pescadores de la región son ocasionales puesto que el consumo de pescado es irregular. La calidad del agua es aceptable en cuanto a contaminación se refiere, no obstante presenta gran cantidad de sólidos en suspensión.

En la parte que será inundada, se localizan 15 asentamientos entre poblados y rancharías con 16,500 habitantes aproximadamente, 13 de estos poblados quedarán cubiertos totalmente por las aguas y en forma parcial los dos restantes.

Estos pueblos mantienen una amplia red de relaciones regionales, donde la ciudad de Iguala hace las veces de nú-

cleo. El acceso al área es por la Carretera Federal México-Acapulco hasta Xaltilta, de donde parte un camino de terracería que llega al poblado de Agustín Oapan. Otra vía de terracería, es la llamada ruta de los Santos que comunica a la mayoría de los pueblos de la margen derecha, para los de la margen izquierda, el tránsito es difícil sobre veredas y caminos de herradura. El río Balsas es otro medio de transporte que se aprovecha con el uso de lanchones y hasta pedazos de madera que utiliza la gente a manera de flotadores. El cruce del río se hace a pie o nadando en época de estiaje, existen en el área dos puentes de hamaca y una canastilla de polea.

La mayor parte de la población del área es indígena de origen nahuatl, quienes utilizan su propio dialecto, el mexicano, siendo una minoría los que dominan el español. Las condiciones de vida, como la de todos los pueblos indígenas del país, son de precariedad extrema, el ingreso per cápita en 1983 era de 18,000 pesos anuales (menos de 50 pesos diarios).

Aunque la población económicamente activa es del 48%, su ingreso sólo corresponde al 27% del salario mínimo del campo vigente en la zona. Como referencia el analfabetismo alcanza el 70% de la población.

Las actividades económicas de acuerdo a su jerarquía son: agricultura, artesanía, comercio, recolección, pecuaria, caza y pesca.

El bajo rendimiento de las tierras y los pocos ingresos que obtienen de la artesanía ocasionan la emigración individual y familiar de los más capaces, tanto a la ciudad de Iguala, como a zonas de alta productividad en el país y en menor escala a los Estados Unidos de Norteamérica.

La infraestructura y los medios de producción son escasos y rudimentarios, paradójicamente tres poblados tienen un tractor que no utilizan por el alto costo que representa su operación y mantenimiento.

En cuanto a la artesanía, existe un sistema productivo en el que participan varios pueblos con especialización en el trabajo, desde la obtención de materia prima, elaboración parcial y terminado de objetos hasta la comercialización de los mismos; sin embargo este sistema se ve dañado por la presencia cada vez más abusiva de intermediarios y acaparadores.

La tenencia de la tierra es determinante en los medios y modos de producción; la mayor parte son terrenos comunales, le siguen los ejidales y son muy pocos los de propiedad privada. Las pocas tierras laborales y la presión demográfica han obligado al fraccionamiento parcelario, correspondiendo a cada familia una superficie de 3 a 5 hectáreas.

La actividad agrícola se define como tradicional con cultivos de autoconsumo, prácticas rudimentarias, tracción animal y fuerza de trabajo familiar. La roza-tumba y quema es el método más usado y resulta el más adecuado para ese tipo de suelos porque permite la regeneración de la vegetación. En general se practica la asociación de cultivos y complementariamente mantienen pequeños huertos familiares en los patios de las casas.

El principal producto es el maíz, base de la alimentación de los pobladores, también obtienen otros granos, frutas y hortalizas; aunque en ocasiones el maíz no es suficiente ni para el autoconsumo.

La actividad pecuaria se limita a especies de ganado bovino, caprino, equino, porcino y asnar que se alimentan al libre pastoreo.

La organización familiar se da en función del trabajo para producir los satisfactores básicos, el tiempo y los recursos humanos se distribuyen de acuerdo a las actividades, partiendo de la agrícola, en las que participa toda la familia. Además de ama de casa y de peón, a la mujer se le asignan tareas artesanales y de cuidado del huerto familiar; el hombre aparte de los trabajos del campo, recolecta vegetales, caza y pesca; los niños abandonan la escuela cuando son requeridos para labores del campo y regularmente son los que acarrean agua y leña. Los ancianos ayudan en el cuidado de los animales y en la preparación de los alimentos.

En el período de inactividad agrícola la mayor parte de los hombres adultos y jóvenes desocupados consumen con exceso bebidas alcohólicas de venta en cualquier tendajón.

La raquítica dieta se compone de tortillas y chile, en ocasiones huevo, frijoles, carne y producción silvestre.

Las condiciones ambientales y las estructuras socioeconómicas determinan la forma de vida de los pueblos, ésta se materializa en los elementos que conforman a cada poblado, esencialmente en la vivienda. En general, las obras de in-

fraestructura y los servicios son escasos e incompletos, los edificios públicos como escuelas, comisarías, iglesias y panteones aunque en mal estado existen en todos los poblados, no así los edificios para la atención médica, el comercio oficial e instalaciones de recreación.

El número de viviendas es de 3,275 con un índice de hacinamiento de 4.8 personas por casa.

Respecto a los materiales de construcción, predominan las viviendas con muros de adobe y techos de paja, teja o lámina de asbesto. La superficie construida en promedio es de 45 m² dispuesta en dos habitaciones separadas, una para dormir y otra para cocinar, sin faltar el pórtico. En el resto del terreno se ubican las trojes, el huerto familiar, el establo y los corrales, además de un área de usos múltiples.

Los impactos y efectos en el medio ambiente y en la población del área, se sucederán de acuerdo a las hipótesis anteriormente señaladas; para contrarrestarlos o disminuirlos se propone:

- Planeación del uso del suelo: creación de áreas específicas para cultivos, uso pecuario, conservación de flora y fauna natural, reforestación y control de suelos, y para uso urbano y turístico
- Redistribución de la tierra considerando el régimen agrario y la localización de las tierras suplementarias
- Agrupamiento de poblados de acuerdo a las condiciones socioeconómicas y afinidades de la población
- Actividades productivas permanentes factibles a corto, mediano y largo plazo: en las inmediatas están la agricultura tradicional y semitecnificada (cultivos anuales y perenes), explotación pecuaria doméstica y extensiva, artesanía, fabricación de materiales de construcción, también el inicio de prácticas de reforestación y conservación de áreas naturales, captación de escurrimientos en estanques para cultivo de peces y la apicultura. A mediano plazo, la instalación y mantenimiento de viveros, explotación semi-industrial de recursos silvestres como maguey mezcalero e ixtle, transformación de productos agropecuarios y acuicultura extensiva. A largo plazo, pesca, acuicultura intensiva, siste-

ma de transporte acuático y el turismo.

Las actividades del ramo de la construcción serán fuente de ingresos a corto y mediano plazo, durante el período de ejecución de las obras de la presa y de los nuevos centros de población.

- Red de caminos y de rutas para el transporte público

- Esquemas para los nuevos centros de población que deberán incluir:

- Infraestructura urbana, equipamiento y tipología de vivienda; todo ésto en correspondencia, en cuanto al crecimiento de la población y a las formas de vida, contenido y funcionamiento de los asentamientos que se tenían originalmente.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Los estudios que refiere ilustran los esfuerzos y actividades de la Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos en especial, o bien ya forman parte integrante de la postura institucional de la Comisión Federal de Electricidad?. Por otra parte, ¿podría esperarse que para la instalación de plantas termoeléctricas, la CFE siga la misma política en estudios ambientales?

R. El grupo que lleva a cabo estos estudios constituye un grupo asesor de la Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos. Conviene destacar que los técnicos y especialmente la Comisión Federal de Electricidad, están poco sensibles a los problemas sociales, por lo que cuando se está diseñando o planeando un nuevo proyecto, sólo les interesan las cuestiones técnicas y las inversiones. Es necesario insistir en que se lleven a cabo este tipo de estudios ya que las consecuencias son graves y se pueden observar en sitios tales como la Angostura y Malpaso. Al momento, la Gerencia de Proyectos Hidroeléctricos ha logrado que este tipo de estudios forme parte de la planeación de todo proyecto hidroeléctrico y esperamos que a la vista de los resultados ob-

tenidos, esta idea se extienda a los proyectos termoeléctricos y de hecho se institucionalice en todos y cada uno de los proyectos de la CFE.

P. Al fomentar la inmigración de trabajadores para la realización de proyectos hidroeléctricos y durante el proceso de reacomodo de urbanización que realiza la CFE, ¿se ha tomado en cuenta la posibilidad de generar problemas de salud pública? ¿qué se hace al respecto?

R. La irrupción masiva de trabajadores de diferentes partes del país, con patrones de conducta y consumo diferentes a los de la población local, produce trastornos en la estructura social e incrementa algunos males sociales como: delincuencia, proliferación de enfermedades, alcoholismo, prostitución y desintegración de los pueblos. Las medidas que se toman en este sentido son relativas, en principio el Seguro Social interviene desde que los trabajadores llegan a los campamentos para prevenir algunas enfermedades que pueden diseminarse entre los trabajadores y entre la población donde se van a asentar éstos. Pero a pesar de los esfuerzos, el proceso no es controlable.

LA DENDROENERGIA EN EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD RURAL

Ing. León Jorge Castaños Martínez
Ing. Erasmo Calleros Coloni
Subsecretaría Forestal, SARH

MARCO DE REFERENCIA

En el Plan Nacional de Desarrollo, capítulo de Bosques y Selvas se enmarcan los objetivos prioritarios que dan forma a la actual política forestal.

Fortalecer al sector forestal, implica poner atención prioritaria en las partes débiles de este sistema productivo, ecológico-hidrológico:

- Promover la participación directa y organizada productivamente del sector campesino forestal
- Promover el desarrollo de una infraestructura vial
- Satisfacer la demanda nacional y reducir el déficit de la balanza comercial
- Promover el cultivo, la protección y el fomento de los recursos forestales
- Desarrollar la cultura forestal y mejorar la administración y legislación forestal, los recursos físicos y humanos y la tecnología.

Estos puntos representan los retos que estamos asumiendo en la Subsecretaría Forestal.

Dentro de ellos consideramos el problema del aprovechamiento de la leña y el carbón, al que no se le ha prestado debida atención principalmente porque no es materia prima de interés industrial.

EL PROBLEMA

La sustitución de la madera como energía por combustibles fósiles de alta concentración energética, ha jugado un papel importante en el desarrollo industrial y tecnológico del país.

México, a pesar de ser el cuarto

país productor y exportador de petróleo en el mundo, tendrá que satisfacer la demanda energética de la población, diversificando de manera integral sus fuentes de energía, combinando combustibles fósiles no renovables con combustibles renovables como la biomasa forestal.

En la actualidad, los hidrocarburos satisfacen el 90% de las necesidades energéticas, la hidroelectricidad 5%, el carbón mineral 4% y la geotermia y biomasa con el 1% restante; sin embargo, en este 1% están involucrados 4 millones de viviendas, 22 millones de habitantes y el consumo de leña y carbón supe^r con mucho la producción oficial de madera con fines industriales que en el año de 1983 fue de 8.7 millones de m³r.

Además el alto consumo de madera para fines energéticos junto con los desmontes, la tala clandestina y los incendios son las causas aparentes de la destrucción y deterioro de los recursos forestales con todas sus consecuencias ecológicas.

El uso de fogones abiertos en la cocina rural, dentro de una concepción de abundancia o escasez del recurso forestal, ha sido factor importante en la disminución de las áreas arboladas. Los fogones o tlecuiles han sido útiles como dispositivos para cocer los alimentos pero poco eficientes en la utilización de la leña como combustible, ya que el desperdicio de energía es mayor al que se utiliza en el cocimiento de alimentos.

En las regiones rurales, la leña por su producción descentralizada sin un control oficial, responde en forma inmediata a las necesidades de las familias. Ya que se obtiene sin grandes costos, se recoge y se utiliza con técnicas propias sin recurrir a equipos costosos.

Diariamente en miles de lugares del país, las familias campesinas y suburbanas, tienen que recorrer de 3 a 5 kilómetros y a veces más en busca de leña o

de cualquier material que les sirva como energético, utilizando en esta actividad de 2 a 3 meses al año por familia, dedicándose según estimaciones realizadas, 150 millones de días/hombre, cantidad 5 veces mayor a todos los empleos anuales del subsector forestal.

La forma de extracción y arrime a los hogares, va desde la utilización de burros, carretones y acarreo humano hasta vehículos automotrices, con medidas de recolección de acuerdo a la capacidad física de cada familia o persona.

El porcentaje de viviendas que consumen leña, carbón y otros combustibles rurales, están distribuidas en el territorio nacional de acuerdo a la cuantía del recurso forestal y a la relación recu^{rs}o forestal-población.

PERSPECTIVAS

Hasta hace poco hemos considerado los aprovechamientos de leña y carbón como impactos negativos al recurso forestal y al medio ambiente y de hecho lo han sido, conjuntamente con otros factores que ya mencionamos; destacamos en mayor medida el olvido de la administración pública hacia una planeación del desarrollo rural integral auténtica y racional, en el caso de estos aprovechamientos es evidente el desconocimiento de sus consecuencias ecológicas; y la poca contribución de los recursos forestales a las diversas necesidades que tiene la población rural donde también como fuente importante de energía la biomasa debe ser considerada.

Es precisamente este último aspecto el punto de partida de una nueva línea de acción del desarrollo rural:

La biomasa forestal por ser renovable, integrada y adaptada a las costumbres y necesidades de una porción importante de la población, continuará desempeñando un papel significativo como combustible doméstico tradicional y podrá ser fuente de energía para un desarrollo tecnológico agroindustrial, ello aunado a un programa de plantaciones de múltiples propósitos nos permitirá conformar una alternativa viable de desarrollo que no estaría sujeta a situaciones internacionales como es el caso de los hidrocarburos, ni a un alto costo tecnológico y dependiente de los países desarrollados.

Para ello, necesitamos proveer e incentivar la participación organizada del sector rural a través de acciones

concretas y de interés de dicho sector, éste es el caso del proyecto de estufas de barro ahorradoras de leña que actualmente la Subsecretaría Forestal desarrolla a nivel nacional, con el objeto de reducir la presión al recurso forestal, disminuir los esfuerzos físico-económicos y mejorar la salud de las familias.

Con base en las experiencias de otros países y de nuestro proyecto se diseñó un modelo de estufa (aunque no es el único), fundamentado en los hábitos, necesidades de energía y espacios en la cocina; así como tipos de utensilios para cocinar y calefacción, además de captar sus aportaciones de tecnología rústica en la construcción de sus fogones.

Los objetivos que se persiguen en la construcción de estufas son:

- En el aspecto silvícola reducir el impacto en la corta de árboles, a través del ahorro de madera
- En el aspecto social, reducir esfuerzos físicos, tiempo de extracción y elaboración de la leña mejorando la salud familiar
- En el aspecto económico, reducir los costos en la compra de leña
- En el aspecto ecológico, proteger el recurso forestal, evitando la deforestación que repercute en beneficio de los sistemas hidrológico, alimentario y productivo.

Una de las formas para garantizar la ejecución práctica de la construcción de estufas es el diseño de moldes; sistema que ha permitido en las comunidades una reproducción ágil y sencilla de las estufas. Este procedimiento es fundamental en la capacitación para los grupos operativos y para las familias rurales.

ESTRATEGIAS PARA LA OPERATIVIDAD DEL PROYECTO

El proyecto de estufas rurales es la muestra de una idea "suigéneris". En lo forestal expresa objetivamente la integración de la actividad.

En primer lugar, es eminentemente social, en segundo lugar traspasa la frontera institucional de la SARH-SF, y coexiste simbólicamente con otras dependencias por cinco razones básicas:

- 1) Porque produce ahorro de combusti

ble.

- 2) Mejora la alimentación rural.
- 3) Mejora la vivienda.
- 4) Contribuye a la salud y economía de la comunidad.
- 5) Desarrolla los niveles de organización social.

Por estas razones, este proyecto se intersecta con los grupos de acción de otras instituciones que tienen en común trabajar en programas de desarrollo comunitario y sobre un objetivo básico:

Eleva los mínimos de bienestar de la población rural

El proyecto de estufas se contempla como una estrategia de involucración de las comunidades para definir, con la población rural, un marco más amplio de perspectivas, básicamente de producción, protección y fomento de los recursos forestales, con aprovechamientos integrales y con participación organizada del sector social e institucional.

La necesidad de llevar a la práctica el proyecto a un ámbito nacional, definió criterios de regionalización con el objetivo de darle seguimiento atendiendo particularidades.

El proyecto de estufas, dentro del programa rural de energía silvícola, plantea un esfuerzo inicial para ir solucionando problemas específicos en los consumos de energía y a su vez permite crear las condiciones organizativas, clarificando la visión de las comunidades en el uso adecuado de sus recursos forestales, esto es:

- En bosques naturales, permite un manejo racional y su protección
- En regiones de escaso arbolado, permite su fomento vía plantaciones de múltiples propósitos.

CONCLUSIONES

El proceso de degradación de los recursos forestales es bien conocido, la expansión de la agricultura y de la ganadería e inadecuados métodos de aprovechamiento forestal, resultan en una sobreexplotación y a menudo destrucción completa de la vegetación leñosa. Las posibilidades de suministro de leña para las comunidades rurales es un problema cada vez más agudo. Árboles que tie-

nen un valor económico o de subsistencia, como los frutales y otros, son cortados y, arbustos, raíces y hierbas son utilizados para combustible, así como desechos agrícolas y excremento de animales en vez de fertilizar el suelo.

Cada vez en mayor proporción, la población está obligada a utilizar una mayor cantidad de sus escasos recursos económicos para adquirir leña y carbón.

Hay casos en donde ya no se calientan las viviendas aún en condiciones climáticas que lo requieren, se cambia la misma alimentación para ahorrar combustible.

Las consecuencias son igualmente graves, sean referidas a la nutrición o a la degradación del medio ambiente

Ello permite considerar el estrecho enlace entre el problema energético de la leña, la seguridad alimentaria y la pobreza.

Los aprovechamientos de leña y carbón no representan sólo un problema de deterioro ambiental, se trata de un problema de suministro de necesidades de energía para la población rural y del mismo desarrollo agrícola y pecuario de nuestro país. Junto con la energía solar y el biogas no existe otra fuente de energía de largo plazo (renovable), que pueda sustituir a los recursos forestales en las zonas rurales y al mismo tiempo contribuya a la restauración y permanencia de un medio productivo y ecológico.

El reto de cualquier país en relación al desarrollo rural se basa en la protección y fomento de sus recursos forestales y ello sólo se puede lograr con una participación organizada de las poblaciones rurales. Esta participación es indispensable para que las soluciones aplicadas tengan un carácter estable y autosostenido. Por lo expuesto, podemos considerar que:

- Habrá protección ambiental.
- Habrán recursos forestales.
- Habrá leña y carbón

Cuando la comunidad rural organizada y con capacidad de gestión, reciba los insumos básicos y la tecnología apropiada a su estado y necesidades de desarrollo.

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA MINERIA DE LAS SUSTANCIAS RADIACTIVAS

Ing. Alberto Escofet Artigas
Ing. Enrique Rodríguez Soto
Ing. Fernando Castillo Nieto
Uranio Mexicano

INTRODUCCION

Al estar plenamente convencidos de que la totalidad de los seres que pueblan nuestro planeta, dependen y se identifican con el medio espacial en el que se desarrollan y considerando además, que la evolución vital reclama el esfuerzo de una permanente búsqueda del equilibrio entre los organismos y su medio ambiente, es obvio que para subsistir unos, se debe cuidar la alteración del otro, mayormente si su modificación por contaminación o deterioro representan el riesgo de derivar en efectos negativos o degradantes.

Partiendo de la premisa de que las actividades mineras son esenciales para lograr la materia prima básica del desarrollo humano y que estas tareas conllevan la remoción de rocas y/o minerales y, en consecuencia, implican una modificación, mayor o menor, del ambiente natural privativo de un lugar determinado, es evidente la necesidad y conveniencia de estudiar y analizar estos procesos, a fin de diagnosticar la problemática que pudieran representar en la preservación del medio y, en su caso, señalar las medidas procedentes.

De acuerdo con los diversos tipos de yacimientos y prospectos, las distintas regiones en que se ubican y las sustancias específicas que constituyen el objeto de la actividad minera, así como las tecnologías que se aplican en cada caso, es claro que existirán variaciones en el grado y tipo de afectación al medio. Para el caso específico de las sustancias radiactivas, en su ciclo minero, en forma resumida podemos analizar sus acciones referidas a nuestro país y de acuerdo a las actividades que lo integran, a saber: prospección, exploración directa, explotación y beneficio metalúrgico.

PROSPECCION

Esta actividad en general, consiste en la medición de niveles de radiactividad: por vía aérea, sobre vehículo motorizado en las vías terrestres accesibles y pedestre; generalmente se acompaña de levantamientos topográficos y geológicos. Frecuentemente también consiste en muestreos geoquímicos en sedimentos, rocas, suelos, aguas, aire y material orgánico, y, eventualmente de levantamientos emanométricos y obras de muestreo, las que por lo general son espaciadas y consisten de pozos someros, de alrededor de 0.5 m de profundidad por 0.10 a 0.15 m de diámetro. Ocasionalmente también se realizan rebajes superficiales pequeños y zanjas o trincheras de muestreo, comúnmente abiertos a pico y pala.

Como puede apreciarse, esta primera fase exploratoria no representa riesgo alguno en la degradación del medio ambiente, salvo aquel que puede considerarse como normal, debido al tránsito humano sobre la superficie. De cualquier manera, es recomendable que las pequeñas obras de muestreo sean recubiertas con el mismo material removido, una vez que se han cumplido los requerimientos técnicos que las motivaron.

EXPLORACION DIRECTA

En esta etapa se realizan las obras de verificación y, en su caso, de evaluación de las evidencias superficiales; por ello, se requiere de la apertura de rebajes, perforaciones y eventualmente, obras de minado subterráneo. El impacto ambiental de esta actividad se refleja en modificaciones topográficas, desforestación y afectación de aguas y en menor escala, contaminación radiactiva.

En efecto, es frecuente la desforestación en las áreas de trabajo y en las

de apertura de accesos para la maquinaria. Las obras mismas representan remoción de materiales del subsuelo y acumulación en superficie, modificando la expresión fisiográfica y exponiendo los materiales a la acción de los agentes atmosféricos, acelerando la erosión y alteración por intemperismo y favoreciendo la contaminación del aire y agua en contacto con ellos. La exploración a base de perforaciones, prácticamente no afecta la superficie del terreno, aunque con frecuencia se atraviezan acuíferos cuya contaminación debe evitarse.

La exploración uranífera en México, implicó en el pasado la apertura de laborios de minado subterráneo, los que desde hace algo más de una década se han sustituido casi en su totalidad con exploración a base de perforaciones, obedeciendo más bien a razones técnicas y económicas, que de tipo ecológico.

La exploración se ha centralizado en zonas semidesérticas de los Estados de Sonora, Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Durango, Tamaulipas y San Luis Potosí, principalmente; y recientemente en la zona Mixteca Oaxaqueña. Casi en la totalidad de los sitios en los que se ha explorado con obra de mina, corresponden a zonas serranas, distantes de centros de población y sobre terrenos rocosos carentes de suelo y vegetación, en los que no obstante han quedado los terrenos minados en completo abandono.

Los trabajos recientes en Oaxaca están situados en una zona boscosa cuya afectación está en proceso de corregirse mediante acciones de reforestación, propiciadas por el organismo responsable, acciones similares podrían aplicarse a otras áreas, siempre que las condiciones locales lo hagan factible. También en la exploración con perforación se utilizan lodos bentoníticos, agua o aire, con lo que se evita la contaminación de acuíferos, en caso de requerirse aditivos químicos especiales, se recomienda aislar la porción relativa a los mantos freáticos.

EXPLOTACION

Esta actividad implica la extracción del mineral radiactivo y el material rocoso sin valor en el que está contenido, también incluye remoción de rocas adicionales de las obras para accesos y servicios, y en las explotaciones a cielo abierto, el de la cubierta o encapado estéril que constituye la cobertura del cuerpo mineral. En cualquier caso, la afectación al medio se manifiesta en

forma similar a los efectos señalados en la exploración directa, aunque con la explotación, lógicamente se incrementa el volumen de material removido y en consecuencia, el deterioro ecológico es mayor, aunque el área generalmente es más específica y restringida.

En esta etapa debe cuidarse que la forma de la acumulación de materiales de desecho o "terceros" se concentre o distribuya de manera que evite en lo posible el deterioro ambiental y de ser posible, se utilicen buscando mejorar las condiciones originales.

Las explotaciones de mineral uranífero realizadas en Chihuahua, en la década de los años 60, se ubican en una zona semidesértica, que se abandonó sin tomar ninguna precaución de tipo ecológico, quedando por fortuna en lugares deshabitados en los que tampoco se realiza actividad agrícola, ganadera o minera. El actual Proyecto Peña Blanca se ubica en la misma región, sin embargo, el tendido de material se realiza suavizando los rasgos topográficos, lo que favorece la formación de suelo y vegetación que en ese lugar es sumamente escasa.

Los proyectos a cielo abierto de Sonora (Los Amoles), Nuevo León (La Sierrita) y en una porción de Peña Blanca (Margaritas), deberán programarse para que durante la explotación misma y a su culminación, se intente la restauración del o de los tajos, lo que eventualmente permitirá decidir acciones más positivas en beneficio del medio privativo inicial.

BENEFICIO METALURGICO

Esta actividad consiste en la preparación física del mineral natural extraído de la mina y su tratamiento para separar el mineral uranífero y eventualmente otros asociados de interés económico de la roca estéril sin valor. En general, es necesaria una instalación o planta de tratamiento químico que incluye sistemas de trituración y molienda, así como un depósito de desechos denominado "de jales" o "jalero". El proceso separativo requiere emplear importantes volúmenes de agua, reactivos y solventes, parte de los cuales se consumen por transformación durante el proceso, y otros más se integran al depósito de desechos también llamado "presa de jales".

Operando bajo un sistema de beneficio metalúrgico "convencional", la afecta-

ción al medio ambiente se produce principalmente durante la trituración y molienda y con la acumulación de los jales. En el primer caso, se producen polvos en los que está mezclada la materia rocosa con la radiactiva, los que deben ser recuperados eficientemente a fin de evitar su dispersión, la que podría rebasar los límites de la instalación; es conveniente mencionar que la inhalación de estos polvos resulta inconveniente en mínimo grado a la salud de pobladores de áreas vecinas y de mayor riesgo a los propios trabajadores. El depósito de jales representa una posibilidad de afectación ecológica que debe ser prevista.

En efecto, las presas de jales reciben los residuos sólidos y líquidos que desecha la planta y con ellos parte de los solventes utilizados. El sitio mismo del depósito o represa también debe estudiarse, seleccionarse y en su caso tratarse, a fin de no afectar los terrenos circundantes por el empleo de estas aguas residuales, cuidando también el que no se produzcan infiltraciones al subsuelo que podrían ser contaminantes de las aguas subterráneas.

Por lo anterior, es conveniente seleccionar vasos cuya impermeabilización del suelo esté certificada, tanto en la propiedad física de las rocas que lo forman, como en las estructuras geológicas que afecten al terreno, su amplitud y capacidad deberán ser suficientes para equilibrar evaporación con nuevos aportes naturales y de planta. En cualquier caso, es conveniente neutralizar los desechos que se remiten a la presa de jales.

Cuando la capacidad de uno de estos depósitos de jales se satura, o bien, cuando una operación metalúrgica concluye, estos jales representan un foco de contaminación radiactiva por la posibilidad de que, llegado su tiempo de sequedad y tratándose de material de grano fino, fácilmente puede ser removido por las corrientes de aire, por ello, es conveniente recubrirlos con material de suelo suficiente para evitar el escape de radiación y sobre éste, situar vegetación del tipo adecuado al área y al clima, a fin de asegurar la permanencia de esta cubierta. Estas acciones también son recomendables en el caso de la producción uranífera bajo el sistema de lixiviación "en pilas" (heap leaching), habida cuenta de que estos "montones" constituyen el desecho de la producción bajo este sistema de tratamiento.

La lixiviación "in situ" (in situ leaching) es un sistema que consiste en

inyección de solventes al subsuelo y su recuperación para tratamiento separativo en planta, este proceso se realiza a través de perforaciones, representando un riesgo apreciable de contaminación de los acuíferos, a tal fin, deberá realizarse un estudio geohidrológico previo a la operación, certificando el con finamiento de las soluciones al área de explotación, para que al concluir ésta, se realice limpieza de solvente y "lavado" de la formación, previamente al cese de operaciones.

En los proyectos nacionales de producción uranífera, particularmente en Peña Blanca, Chihuahua, se ha previsto impermeabilizar los dos vasos seleccionados para presa de jales, los que están calculados para capacidades en las que la tasa de precipitación (270 mm aproximadamente) es notablemente inferior a la de evaporación (3,000 mm aproximadamente), circundados además por "cunetas" que reducen la adición de las aguas de lluvia. La estabilidad y eficiencia de la presa se asegura con la colocación granulométrica "aguas arriba" para que los sólidos gruesos se acumulen a partir de la cortina inicial.

En el desarrollo del proyecto, está prevista la captación de polvos en las etapas de trituración y molienda, así como la neutralización de la descarga ácida con óxido de calcio, que además auxilia en la reducción del efecto de los contenidos de elementos nocivos, principalmente plomo y radio.

La antigua planta de Villa Aldama, Chihuahua, dejó acumulados jales con alto contenido uranífero (700 ppm de U_3O_8 aproximadamente), los cuales, está programado sean cubiertos con material de suelo y vegetación, a fin de evitar deterioro del medio ambiente, además de preservarlos para su reaprovechamiento cuando se considere oportuno.

CONCLUSION

La minería de las sustancias radiactivas presenta un riesgo moderado para la preservación del medio ambiente, riesgo que puede ser minimizado y aún completamente evitado, tan sólo con aplicar medidas precautorias que en general son simples y de tecnología y costo accesibles, algunas de las cuales se han señalado, y las que surjan en congruencia con los reglamentos de seguridad minera, seguridad radiológica y los propios relativos a la preservación ecológica.

AGRADECIMIENTOS

El presente documento recoge y ha tomado en cuenta las opiniones de los in-

genieros Francisco Javier Altamirano, Carlos Rivera Villasana, Javier Prado Flores, Saúl Romero Martínez y Jorge Pérez Chacón, a quienes expresamos nuestro reconocimiento.

 Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Se han hecho estudios de calidad del agua, suelo y aire en las poblaciones cercanas a los lugares donde se exploran y explotan yacimientos de uranio?

R. En cuanto a la exploración no se han hecho estudios de afectación al medio ambiente, debido a que no se han observado trastornos en el agua, suelo y aire. En cuanto a la explotación, únicamente se han realizado estudios en la Planta de Villa Aldama que está aproximadamente a unos tres kilómetros de la población del mismo nombre. La radiación llegaba hasta aproximadamente unos 200 metros de los jales, encontrándose un nivel de radiación por encima de lo normal. Los jales resultantes de una explotación previa contienen mineral de uranio y podrán ser reprocesados cuando las reservas disponibles en los yacimientos ameriten una planta.

Por ello, es que los estamos cubriendo con material de suelo y vegetación a fin de preservarlos.

P. ¿Hasta dónde es factible el cierre de una empresa como URAMEX, cuando sabemos que es necesaria la explotación del mineral? ¿quién va a suministrar el combustible a la planta de Laguna Verde?. El Plan Nacional de Energía contempla la construcción de otra planta nuclear ¿de dónde se obtendrá? y ¿cómo lograremos materiales fisionables para cada una de estas plantas?

R. Es de todos conocido que el Ejecutivo envió recientemente una iniciativa de Ley a la Legislatura actual, justamente en esa iniciativa se proponen todas las preguntas que aquí se hacen. Ruego a ustedes me disculpen por no poderlas responder y habrá que esperar al análisis de ésta.

PROBLEMAS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE CONTROL EN LA EXPLORACION Y EXPLOTACION DE YACIMIENTOS DE CARBON MINERAL

Ing. Luis Héctor Valdéz
Minera Carbonífera Río Escondido, S.A.

SINOPSIS

MICARE, por sí mismo no genera serios impactos ecológicos y ambientales en la zona de los yacimientos de carbón que actualmente explora y explota, sólo son de llamar la atención los correspondientes a emisiones de polvos en zonas de tajos, hundimientos por minas subterráneas y algunos relacionados con las afectaciones al suelo, vegetación y fauna.

Con respecto al transporte de polvos por el viento hacia la ciudad de Piedras Negras, Coahuila, y a reserva de realizar un estudio específico de transporte de polvos, se considera que la incidencia de polvos transportados por el viento a esta ciudad es baja o insignificante, por lo que el problema de polvos es únicamente local en los tajos.

Los hundimientos o asentamientos del techo y superficie de las minas subterráneas se consideran como un impacto inevitable, ya que hasta la fecha no existe un método totalmente satisfactorio para controlarlas.

Los impactos que se consideran más relevantes de acuerdo con la matriz de Leopold¹ desarrollada en la sección sobre Impactos Ambientales, son los de afectación a la vegetación, al suelo (edafología) y fauna.

INTRODUCCION

Para estudiar la posibilidad de generar electricidad con base en el carbón, la Comisión Federal de Electricidad comenzó a operar una planta piloto en el año de 1964, en el Municipio de Nava, Coahuila y al mismo tiempo, inició un programa de exploraciones geológicas en esa región² (Tabla I).

En 1976, la experiencia obtenida permitió la creación del primer complejo Carboeléctrico Mexicano a gran escala,

localizado a 30 kilómetros al sur de Piedras Negras, Coahuila (ver Figura 1).

Este complejo está integrado por: la Planta "José López Portillo", con cuatro unidades de 300 megawatts cada una y con capacidad para producir 7,880 gigawatts-hora, para un factor de planta de diseño del 75%; y un sistema de minas subterráneas y a cielo abierto, que garantizan el suministro de 132 millones de toneladas de combustible mineral a la planta durante 30 años.

La energía que se produce atiende principalmente a las demandas de electricidad de las zonas industriales de Monterrey, Saltillo, Monclova y Nuevo Laredo.

Con la promoción de la Comisión Federal de Electricidad, se creó MICARE el 2 de agosto de 1977, como una empresa de participación estatal mayoritaria, en la cual intervienen como socios la propia Comisión Federal de Electricidad, la Comisión de Fomento Minero, Nacional Financiera, S.A., Altos Hornos de México, S.A. e Industrial Minera México, S.A.

En esa época, los primeros colaboradores de MICARE realizaron los trabajos de ingeniería de minas subterráneas, la definición de equipos y el anteproyecto global de inversión. Con base en este proyecto, el Banco Interamericano de Desarrollo otorgó en 1978 el crédito más elevado que había concedido hasta esa fecha, para un solo proyecto, en un solo país.

De acuerdo con las condiciones del carbón de Río Escondido, se requieren 4.38 millones de toneladas por año que equivalen a 14,600 toneladas por día, para abastecer a las cuatro unidades de la Central "José López Portillo".

Las reservas de carbón "in situ", asociadas a esa planta, se localizan en nueve yacimientos, y suman una reserva recuperable de 132 millones de toneladas.

La demanda de carbón y las condiciones minero-geológicas de los yacimientos determinaron que, en una primera etapa, el suministro del mineral se hiciera con base en la explotación de dos minas subterráneas y una a cielo abierto. La producción diaria se distribuye de tal manera que cada mina subterránea producirá 6,000 toneladas y la mina a cielo abierto o tajo las 2,600 toneladas restantes.

En la selección del sistema y equipo de explotación se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- a) la operación minera bajo los grados de seguridad óptima
- b) el costo mínimo por tonelada de carbón explotado
- c) la mayor recuperación del depósito y
- d) el menor impacto ambiental

Para asegurar las demandas iniciales de la carboeléctrica se eligió el minado a cielo abierto. A la vez, con el TAJO I, se aprovechan las áreas en donde el manto de carbón se encuentra a menos de 60 metros de la superficie del terreno.

El minado subterráneo se seleccionó para una producción masiva a través del sistema de "frentes largas". En cada mina, se requieren tres frentes largas en operación simultánea, capaces de producir 5,000 toneladas diarias en conjunto, obteniendo las 1,000 toneladas restantes con el carbón de los desarrollos.

IMPACTOS AMBIENTALES

La importancia de conocer cuales son las acciones y mecanismos que afectan a determinado factor ambiental, estriba en que esto permite diseñar las medidas de atenuación de impactos que se deben poner en práctica o elegir entre alternativas que causen el menor deterioro del ambiente.

La descripción de los impactos se hace en forma global para cada uno de los factores ambientales considerados en la matriz de interacciones (Tabla II), así mismo, las acciones que los afectan directamente.

Impactos sobre la Micrometeorología

Una afectación indirecta a la micrometeorología se presenta por la afecta-

ción a la vegetación, ya que al reducirse ésta, disminuirá también la tasa de evapo-transpiración, modificándose la humedad relativa del aire.

Las acciones que generan este impacto son: el tránsito de vehículos hacia las áreas de exploración y la apertura del área del pozo; y en la construcción, la apertura del área para minas y tajos y caminos de acceso.

En síntesis, la afectación que se tiene sobre la micrometeorología de la microregión, se considera "menor" para las actividades de la etapa de exploración y "significativa" para las de la etapa de construcción.

Impactos sobre la Geología

Pérdida, en mayor o menor medida, de pendiente de la extracción que se haga, del estrato carbonífero que forma parte de la geología superficial. Este impacto en cuanto a su control es inevitable, dado que la extracción de carbón es el objetivo mismo del proyecto.

Las actividades de extracción del carbón en la etapa de operación son las que básicamente originarán este impacto, que se califica respecto a estas actividades como "significativo".

Impactos sobre Suelo

La principal afectación del suelo se presentará en el área de extracción del tajo, específicamente por la acción de relleno de los socavones que quedan después de haber extraído el carbón.

El efecto de esta acción radica en que el material de la superficie del siguiente corte efectuado pasa al fondo del socavón relleno y el material del fondo pasa a la superficie, quedando un suelo de composición pedregosa, no apto para el desarrollo de la vegetación.

Dado que el área del tajo se va abandonando paulatinamente a medida que se va extrayendo el carbón, al final quedará una superficie de aproximadamente 14,000 hectáreas con un uso potencial restringido.

En los tajos, los socavones que se forman para la extracción del material inerte y del carbón, pueden ser de varios metros de profundidad y amplitud; por ejemplo, el tajo al norte de Piedras Negras tiene una profundidad media de 15 a 20 metros y una extensión de 14,000 hectáreas.

La formación de montículos con el ma

terial estéril extraído del primer corte del tajo, es permanente; no así con los cortes subsecuentes cuyo estéril se usa para rellenar los socavones resultantes de los cortes anteriores.

En el caso del relleno de los socavones, y aún tomando en cuenta la abundancia del material inerte, se espera que la superficie resultante, una vez efectuado el relleno, presentará diferencias de nivel respecto a la superficie del terreno perimetral a éste, por los asentamientos posteriores, formándose hondonadas.

Los hundimientos o agrietamientos de la superficie del terreno sobre las minas subterráneas, dependerá en mayor o menor medida principalmente de: la profundidad de las excavaciones, magnitud de las extracciones de carbón, coeficiente de abudamiento del material sobre el carbón extraído y carga sobre estas superficies.

En resumen, la afectación que se tendrá sobre la topografía y relieve de la microregión por las actividades de construcción y operación de minas de tajo, se califica como "significativo" y como "menor" para las actividades de construcción y operación de minas profundas.

Impactos sobre la Vegetación

La afectación a la vegetación por los desarrollos mineros de MICARE, es un impacto de tipo inevitable en cuanto a su control. Se considera que las acciones que principalmente afectarán a la vegetación, corresponden a las etapas de exploración, y específicamente son: el tránsito de vehículos hacia las áreas de exploración y la apertura del área del pozo; y en la construcción tanto de minas subterráneas como de tajos, así como la construcción de caminos de acceso y la apertura de las áreas.

La afectación que se produzca por las actividades de exploración, comparativamente a las actividades de construcción de minas es "menor", ya que, cuantitativamente, la superficie afectada en la apertura de cada pozo de exploración, es de aproximadamente 200 m², mientras que la superficie que ocupan las instalaciones de minas subterráneas, por ejemplo, es de 36 hectáreas.

La afectación a la vegetación de la microregión es de baja importancia dado su poco o nulo valor comercial, pero desde el punto de vista ecológico, si se tendrá una afectación significativa, ya que la vegetación (Tabla III) es la parte sustentante del ecosistema.

En síntesis, la afectación o impacto que se tendrá sobre la vegetación se considera como "menor" respecto a las actividades de exploración y como "significativo" para las actividades de construcción de minas y tajos.

Impactos sobre la Fauna Silvestre

La afectación a la fauna (Tabla IV) está muy relacionada con la correspondiente a la vegetación, puesto que ésta constituye el habitat de la primera, la cual tiene que huir a zonas más apartadas a encontrar áreas donde no peligre su existencia.

Otra afectación a la fauna es provocada por el ruido de la maquinaria y explosivos, el cual induce a los animales a apartarse de las fuentes emisoras, interrumpiendo o perturbando, en muchas especies, su ciclo reproductivo en las épocas de apareamiento.

La etapa de exploración, por ser temporal y poco destructiva de la vegetación, causa afectaciones consideradas como "insignificantes". En cambio, la etapa de construcción de minas causa afectaciones "mayores" por el ruido emitido y la destrucción de la vegetación, y la etapa de operación produce afectaciones "menores" por la emisión del ruido.

Impactos sobre la Salud

De la Tabla II se puede hacer una evaluación general de los efectos que sobre la salud humana produce el trabajar durante las diferentes fases de explotación de un desarrollo carbonífero:

- *Menor* para la etapa de construcción
- *Significativo* para la etapa de operación en mina subterránea
- *Insignificante* para la etapa de operación en mina exterior

Respecto a los efectos sobre la salud (*pneumoconiosis*) durante la operación de minas subterráneas; por estadísticas en Estados Unidos de Norteamérica, se sabe que ésta se presenta en los trabajadores mineros después de varios años de exposición a los finos de carbón, no obstante el uso adecuado de sistemas de protección.

Aunque las probabilidades de que ocurran eventos como explosiones, incendios, colisiones y caídas son bajas, cuando llegan a ocurrir pueden costar muchas vidas humanas. Por tal motivo se

les ha calificado con magnitudes medias o bajas, pero con importancias mayores, por lo que se consideran afectaciones "mayores". Desde el punto de vista de su control, sólo se pueden considerar atenuables, ya que siempre existirán las fallas humanas y los factores imprevisibles.

La contaminación por ruido se produce, principalmente, en las etapas de construcción (Tabla V) y operación de las minas, por la operación de maquinaria, tránsito de vehículos, uso de explosivos, extracción de carbón, quebrado y tamizado.

Las mayores fuentes de emisión están tipificadas, para la etapa de construcción, por las detonaciones de explosivos y el uso de maquinaria pesada; por ejemplo, los bulldozers emiten niveles de ruido en un rango de 75 a 95 dB registrados a una distancia de 15 m de la fuente: cuando para jornadas de trabajo de 8 horas el límite permisible para no causar daños fisiológicos al hombre es de 90 dB a cualquier distancia. Para la etapa de operación, las principales fuentes de ruido se localizan en el desarrollo de las minas, la extracción de carbón, el quebrado y el tamizado.

Por lo expuesto arriba, los efectos en la salud de los trabajadores se califican como "significativos" para la etapa de construcción y como "menores" para la etapa de operación.

Impactos sobre el Bienestar

El entorpecimiento de las actividades normales de los habitantes de una población y el padecimiento de molestias por los mismos, es una afectación a su bienestar.

Las principales actividades que causan molestias en la microregión, están comprendidas en las etapas de construcción y operación, y se deben al aumento de tráfico de camiones y maquinaria pesada en las carreteras y a la emisión de ruido.

Dado que estas afectaciones son ocasionales, se les ha calificado como "menores", para las dos etapas del proyecto mencionadas.

MEDIDAS DE CONTROL Y ATENUACION DE IMPACTOS ECOLOGICO-AMBIENTALES⁵

A fin de complementar el tema bajo consideración, véase el Anexo A.

Efluentes líquidos

Únicamente se tienen dos tipos de efluentes líquidos en las instalaciones de las minas:

- Las aguas de escurrimiento provenientes de los mantos acuíferos, interceptadas en el interior de la mina y bombeadas al exterior desde los cárcamos de bombeo
- Las aguas residuales producidas en las instalaciones exteriores de las minas por los servicios generales

En cuanto a las aguas de escurrimiento, éstas no representan un problema para su disposición, ya que la única contaminación es por sólidos suspendidos. En cambio, pueden aprovecharse para riego de áreas verdes y control de polvos en caminos de terracería o ampliarse a usos domésticos, siempre y cuando se compruebe su calidad mediante análisis fisicoquímicos.

Emisión de Polvos

Para la eliminación o control de superficies desprovistas de vegetación o que por sus características se prestan a la producción de polvos se tomaron las siguientes medidas:

- En la superficie correspondiente a las instalaciones de minas (aproximadamente 36 hectáreas para minas subterráneas) las áreas que no se ocupan con las instalaciones o para un uso específico, se revegetan con pasto y árboles según sea el caso.
- Aquellas áreas que son de tránsito de vehículos o peatones tienen un piso que no propicia la emisión de polvos (de piedra, concreto, etc.). Los caminos de circulación de vehículos dentro de la zona de instalaciones de la mina de material suelto o terracería, se humedecen para evitar la producción de polvos.
- Si el carbón se almacena en la superficie a la intemperie, como medida general, las pilas se orientan de tal manera que presenten la menor superficie posible respecto a la dirección de los vientos (Figura 2). Además se da un ángulo de reposo adecuado al material inerte o carbón, según sea el caso (este ángulo se recomienda no sea mayor de 20 grados).
- Para el caso específico de los de-

sarrollos mineros de MICARE y para el dato de 6,000 ton/día/mina de producción de carbón, la emisión máxima permitida de polvos para una mina de esta producción es de 93.43 ton/h. Los límites máximos calculados para cada mina de acuerdo con su producción horaria no se deberán rebasar y para conocer con exactitud los factores de emisión de polvos y las concentraciones esperadas, se deben hacer estudios de emisión y difusión de polvos en los sitios mineros.

- En relación al tajo del norte de Piedras Negras, se considera que la incidencia de los vientos que soplan del NNO hacia ésta, será menor o insignificante, debido a su baja velocidad (de 2.4 a 12.4 m/s), Tabla VI, y frecuencia (8% anual), por lo que el problema que se presenta en cuanto a la afectación por polvos, será local y no transportado. Para disminuir la emisión de polvos local al tajo, se colocan las pilas o se acumula el material producto de la excavación, en línea o dirección NNO tratando, además, de que en el acomodo del material esté presente la menor área posible a los vientos.
- Para evitar o disminuir la emisión de polvos de las bandas transportadoras, éstas van provistas de una cubierta y sistemas de colección de polvo tipo ciclónico (Figura 3).
- En el transporte de carbón por vehículos, se recomienda no sobrecargar el camión más allá del nivel superior de la caja, y cubrir de ser posible el material con alguna lona o cubierta, para evitar tirar carbón o material estéril y presentar al viento una superficie generadora de polvos.

Desechos Sólidos

Los tipos de desechos sólidos generados durante las etapas de exploración, construcción y operación, se pueden resumir en los siguientes:

- 1) Restos de vegetación
- 2) Tierra, piedras y mermas de carbón y
- 3) Basura

El primer tipo de desecho no representa problemas sanitarios o ambientales, por lo que sólo se recomienda apilarlos por cuestiones de comodidad y es

tética.

El segundo tipo de desecho es el que mayor volumen y disposición podría representar, aunado a los altos costos por su transporte, por lo que se recomienda darle alguna utilidad a este material en la construcción de obras. En el caso de que el material no tenga utilidad alguna, se debe apilar o esparcir uniformemente en el terreno.

El tercer tipo de desecho, es el generado por las actividades propias de los trabajadores en las minas y su volumen es muy pequeño, por lo que su disposición no significa costos importantes. Como la basura contiene materiales orgánicos que pueden causar problemas sanitarios, se diseñó un pequeño relleno sanitario para eliminar totalmente el problema.

Emisión de Ruido

Para el control de las emisiones de ruido, se dan las siguientes medidas de tipo general:

- En las áreas de instalaciones superficiales se separan por lo menos una distancia de 100 m; los equipos o fuentes que rebasen los 100 dB de la zona de instalaciones administrativas. Esto es con el fin de no rebasar la norma de 90 dB para tiempos de exposición de ocho horas que se recomienda como límite máximo para no causar efectos en la salud de las personas.
- Las medidas de protección para ruido respecto a seguridad y salud laboral, se rigen por el reglamento para la prevención y control de la contaminación originada por la emisión de ruidos.

Vegetación

Debido a que la afectación a la vegetación por los desarrollos mineros es un impacto inevitable, las medidas son básicamente de restitución:

- En las áreas donde no habrá un uso específico del suelo después de efectuada la acción, por ejemplo en las minas de tajo, se planea re-vegetar con plantas características de la zona, como son el cenizo, gobernadora, yucas, etc., que no representan gran dificultad para su desarrollo, y en el caso de que se decida también plantar arbustos y/o árboles, se deberán seleccionar especies de rápido desarrollo, para cubrir en el menor tiempo po-

sible el daño causado a la vegetación.

- En las áreas donde sí habrá un uso del suelo, por ejemplo en los campamentos e instalaciones de minas, se piensa revegetar todas aquellas superficies ociosas, sembrando pasto e inclusive plantas de ornato.

Suelo

El suelo que será afectado en el área del tajo, al hacer el relleno de socavones, se restituye, en el mayor grado posible, a sus condiciones originales. Esto se logra reservando una parte del suelo removido en el despalme para recubrir nuevamente la superficie de los socavones rellenos y propiciar la revegetación de esas áreas, aprovechando el agua que podría surgir al interceptar algún acuífero subterráneo durante la excavación del tajo.

MICARE ha iniciado en el presente año, la rehabilitación ecológica del TAJO I (ver Anexo A y Figura 4) mediante la revegetación de 13 hectáreas de tiraderos localizados al norte de la zona de explotación; a través de la siembra de una mixtura de pastos y arbustos forrajeros, para que en el futuro, sea aprovechable por ganado o fauna silvestre. Con esto, se restablece el ciclo ecológico y se corrige la estética del paisaje.

El proceso de revegetación consiste, en forma general, en el acondicionamiento de los tiraderos, colocación de tierra vegetal y finalmente su siembra.

El acondicionamiento de tiraderos es el descopete de los montículos de material, con el objeto de dejar una superficie llana preparada para recibir una capa de tierra vegetal con promedio de 20 centímetros de espesor; misma que ha sido recuperada con anterioridad a la explotación, y una vez extendida ésta, se efectúa la siembra.

Para establecer las etapas antes mencionadas, fue primeramente necesario conocer las condiciones muy particulares del área del TAJO I, iniciándose con un estudio de la ecología del lugar que mostró entre otros parámetros, las características del suelo vegetal, condiciones climatológicas y tipos de vegetación.

El siguiente paso fue el análisis de las características de los materiales superficiales que constituyen los tiraderos, que indicaron ser un medio de cultivo para un número muy limitado de plantas. Por ejemplo, cultivos como los cereales, hortalizas, árboles ornamentales y frutales, necesitan determinadas cantidades de nutrientes del suelo para su desarrollo; nutrientes que no se tienen en cantidades suficientes en los tiraderos y esto aunado al recurso agua, que aunque se cuenta en el TAJO I, su manejo es de alto costo debido a las características propias del minado.

Ante tales limitantes, se optó por recuperar y colocar sobre los tiraderos una capa de suelo vegetal (misma que no llegaría a satisfacer de nutrientes a los cultivos arriba mencionados), y la siembra de pastos y arbustos forrajeros que con anterioridad fueron probados experimentalmente.

Fauna

Las afectaciones que sufrirá la fauna de la microregión tendrán carácter de inevitables para algunas de las acciones del proyecto y en este sentido no se puede poner en práctica ninguna medida para su protección.

REFERENCIAS

1. L.B. Leopold, et. al., A Procedure for Evaluation of Environmental Impact, Geological Service, Department of Interior, USA, 1971.
2. Smith, C.I., Lowen Cretaceous Stratigraphy Northern Coahuila, Mexico, Bur. of Econ. Geol., The University of Texas, Report of Investigation No. 65, June, 1970.
3. MICARE, S.A., Plan de Expansión de la Explotación Carbonífera, 1978.
4. MICARE, S.A., Estudio de Factibilidad del Proyecto Carbonífero Río Escondido, 1978.
5. Scholtman, A.M., Environmental Regulation and the Allocation of Coal: a Regional Analysis, Washington University, St. Louis Missouri, Ph.D. dissertation, 1975.

ANEXO A

REHABILITACION ECOLOGICA DE MINAS A CIELO ABIERTO DE CARBON

Ing. Juan José García Vela
Minera Carbonífera de Río Escondido, S.A.

RESUMEN

La rehabilitación de minas a cielo abierto implica establecer una nueva cubierta vegetal sobre un medio de cultivo generalmente estéril. Previamente al minado, y antes de cualquier revegetación extensiva, es necesario particularizar en los recursos naturales renovables y el medio ambiente presentes en el área de explotación, evaluar el potencial de los tiraderos para el desarrollo de las plantas y una selección de especies adecuadas. De ser factible, debe realizarse la recuperación del suelo e incorporarlo a los tiraderos, lo cual mejorará sus condiciones y la posibilidad de éxito será mayor.

INTRODUCCION

Es sabido que los minerales son la base para la elaboración en forma directa o indirecta de gran cantidad de productos. De lo anterior que una diversidad, cantidad y explotación de los recursos minerales sean de gran importancia para cualquier nación. La minería ha llegado a crear una actividad humana propia de muchas regiones desplazando a otras tan arraigadas como la agricultura y la ganadería. Podemos decir que la minería es trascendental económica, social y políticamente en la vida moderna.

Sin embargo, el proceso de minado de teriora y en ocasiones provoca la pérdida total de recursos no minerales como son el medio ambiente y la ecología. Esto sucede con mayor grado en el minado superficial o a cielo abierto que por sus características de operación implica el sacrificio de tales recursos y lo que a simple vista es sólo el cambio de la estética del paisaje, modificación de la topografía y ausencia de vegetación, en el fondo el daño incurrido es mucho más grave. La falta de vegetación crea un microclima, la fauna emigra, se intensifica la erosión, el suelo (mate-

rial propicio para el crecimiento de los vegetales) es mezclado o sepultado perdiéndose un recurso que tardó miles de años en formarse, se rompe y/o contaminan aguas superficiales y/o subterráneas, se producen emisiones de polvo, ruido y desechos y en algunos casos se altera la vida del hombre. Estos sólo por mencionar algunos impactos ambientales y ecológicos.

La rehabilitación de las minas a cielo abierto tiene como objeto minimizar los daños y reintegrar esas áreas a su productividad original o aún mejorarlas.

Esto se realiza con éxito en países europeos y en Estados Unidos y Canadá. Cabe aclarar que los gobiernos de esos países han recurrido a la legislación para obligar a que se efectúe la rehabilitación. Por lo que respecta a América Latina, muy poco se ha hecho formalmente con relación a nuestro tema.

En México la minería superficial se realiza para la extracción de cobre, fierro, plata, carbón y los llamados minerales industriales con efectos a la ecología muy diversos. MICARE ha incluido una etapa final dentro del proceso de minado de carbón a cielo abierto: la revegetación extensiva de tiraderos. Ello con la finalidad de restaurar el disturbio ocasionado al obtener un recurso natural no renovable.

A continuación se presentan los trabajos realizados a la fecha en la mina denominada TAJO I, para alcanzar el objetivo enunciado.

ETAPAS DE LA REHABILITACION

La rehabilitación debe ser muy específica en cada situación¹, esto debido a que la ecología difiere de un lugar a otro con recursos diferentes² y cualquier cambio que se pretenda introducir a un sistema ecológico debe realizarse después de evaluar su estructura y fun-

cionamiento.

Lo anterior es el punto de partida en la rehabilitación de minas a cielo abierto de MICARE, y el proceso en su conjunto comprende las siguientes etapas:

- 1) Estudio de la ecología del lugar antes del minado.
- 2) Analizar los materiales que componen los tiraderos.
- 3) Selección de especies.
- 4) Recuperación y manejo de suelo.
- 5) Siembra extensiva.

ESTUDIO DE LA ECOLOGIA

Para determinar el tipo de rehabilitación en el TAJO I, se efectuó un análisis de los recursos naturales renovables en la zona de explotación a fin de evaluar su potencial de restauración. Ello mostró la presencia de dos tipos de vegetación, un matorral mediano espinoso (que comprende la mayor parte del área) y un bosque de encino. La profundidad del suelo es muy variable mayor a 50 cm a lugares donde aflora a la superficie el caliche (costra o sucesión de costras de carbonato de calcio); su textura es franco-arenosa a franco-arcillosa; con diversos tonos de café a rojo. El clima es seco-cálido con régimen de lluvias en verano, precipitación media anual de 500 mm y período libre de heladas durante los meses de marzo a octubre, con temperaturas extremas de -15°C a 45°C.

Existen varias corrientes superficiales intermitentes, afluentes del "Río Escondido" límite Noroeste del TAJO I y un acuífero en la porción inferior del caliche, el manto del conglomerado y los primeros metros de las areniscas.

CARACTERISTICA DE LOS TIRADEROS

Los tiraderos son la consecuencia de remover las capas superiores al manto de carbón y colocarlas en cortes adyacentes, lo que origina una serie de lomeros.

Desde el punto de vista agronómico, el suelo es el cuerpo natural sobre la superficie de la tierra donde las plantas crecen, compuesto de materiales minerales y orgánicos³ y los tiraderos es

tán formados por una mezcla de capas del subsuelo que, en la mayoría de los casos, carecen de materiales orgánicos y algunos minerales para el crecimiento de las plantas.

El análisis de los materiales de los tiraderos en el TAJO I, demostró lo anterior. Carecen de materia orgánica, de los tres principales elementos para el crecimiento de las plantas; en nitrógeno es extremadamente pobre y de pobre a mediana las cantidades de fósforo y potasio (comparativamente los suelos de la región son ricos en potasio); el pH es de mediano a fuertemente alcalino, lo que limita el número de especies que puedan cultivarse en ellos; la presencia de carbonatos es muy alta y origina una mala estructura y aereación, condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas; su textura es arcillosa, la cual al humedecerse aumenta su volumen y se contrae al secarse formando grietas y costras evitando en muchos casos, la germinación y emergencia de las plantas.

SELECCION DE ESPECIES

Bajo dichas condiciones, el cultivo de granos, cereales, hortalizas y frutas resultaría un fracaso. A pesar de ello existe otra alternativa, el establecimiento de una nueva cubierta vegetal empleando pastos y arbustos forrajeros para restablecer el ciclo ecológico, corregir el paisaje e indirectamente, alimento y otros productos para el hombre.

La selección de especies debe hacerse de acuerdo al clima y suelos e identificar aquellas adecuadas a un sitio específico para obtener éxito en la revegetación^{5,6} y aún más, debe comprobarse su adaptabilidad y desarrollo. Esta última particularidad se manifestó al probar experimentalmente en material de tiraderos, sin fertilización ni riego, 47 especies de pastos de los cuales sólo diez prosperaron y dos arbustivas de seis plantadas. La selección final para llevar a cabo la siembra extensiva fue de cinco pastos y dos arbustivas.

RECUPERACION Y MANEJO DEL SUELO

Una de las formas para corregir y mejorar las condiciones de los tiraderos es la recuperación de la capa superficial de suelo y recolocarlos sobre ellos. El suelo abastecerá de un número considerable de nutrientes a las plantas y

posee una alta capacidad de retención del agua⁷, además de contener una actividad microbiana auxiliar en la formación de suelo de tiraderos⁸. Vogel⁹ recomienda su recolocación inmediata para aprovechar mejor sus propiedades. Sin embargo, el suelo puede ser conservado o almacenado para posterior acomodo¹⁰.

El procedimiento que hemos implementado para la recuperación y manejo del suelo es el siguiente: establecida el área a explotarse llamada corte, se toman muestras del suelo (tres/hectárea) a diferentes profundidades (0-30, 30-60 y 60-90 cm) que se envían al laboratorio para un análisis de fertilidad y salinidad.

El segundo paso es un muestreo con cuadrícula de 40 m para conocer en detalle la profundidad y calcular un volumen más real determinando la superficie que se abastecerá con ese suelo. Por último, se realiza la remoción y amontonamiento de suelo por medio de "bulldozer" para su carga y acarreo directamente a tiraderos o, en su caso, almacenarlo. La recuperación es de acuerdo a la secuencia de cortes y antes del minado, así tenemos que el suelo del corte "B" abastecerá a los tiraderos en el "A" y el "C" en un futuro a los del corte "B".

SIEMBRA EXTENSIVA

Seleccionadas las especies y recuperado el suelo es necesario preparar los tiraderos para su revegetación. Lo más adecuado es tener una superficie llana que facilite la extensión del suelo, efectuar una siembra uniforme y favorecer la distribución de agua. En nuestro caso fue necesario el descopete de montículos además de "ripear" la superficie a 30 cm de profundidad y acto seguido colocar la capa de suelo vegetal. Los objetivos del ripeo son integrar el suelo para controlar su erosión y como sistema de drenaje¹¹.

Una vez acondicionados los tiraderos y extendido el suelo se determinó efectuar la revegetación bajo los siguientes lineamientos. Hacer una siembra con las cinco especies de pastos y plantación de las dos arbustivas, bajo el régimen de temporal (agua de lluvia). Lo anterior se basa en que durante la etapa de experimentación la cantidad de precipitación pluvial fue suficiente para el establecimiento y producción de semilla (actualmente ocurre lo mismo) y que una mezcla de especies es una práctica recomendable en zonas áridas y semiáridas para tener mejor calidad y va-

riedad de forraje que pueda ser consumido por el ganado y/o fauna silvestre^{12, 13}. Siendo las especies seleccionadas con hábito de crecimiento primavera-verano, se estableció efectuar la siembra en los primeros días de mayo, mes durante el cual ocurre la mayor cantidad de precipitación pluvial en estas estaciones del año.

Los métodos de siembra fueron dos. El primero consistió en dar un paso con rastra de discos tirado por tractor agrícola, para desmoronar los terrones, y se depositaron las semillas con sembradora. La superficie sembrada con este método fue de 3.6 hectáreas. Sin embargo, en la práctica este método originó la formación de surcos y bajíos ocasionando una mala distribución de agua. Esto dio lugar a emplear un segundo método de siembra en otro tiradero de 6.8 hectáreas, mediante dos pasos de rastra y distribuir la semilla al voleo (tirar la semilla manualmente) cubriéndolas con un paso de rastra de ramas, quedando al final una superficie plana adecuada para una mejor distribución de agua. Finalmente se procedió a la plantación de arbustivas.

CONCLUSIONES

La recuperación y recolocación en tiraderos del suelo es una práctica para llegar a obtener mayor éxito en la revegetación de minas de carbón a cielo abierto y una diversidad de especies vegetales, con métodos de siembra adecuados, llega a formar una rápida cubierta vegetal. No obstante, antes de tomar cualquier decisión es necesario conocer la ecología y probar las especies directamente en el medio donde se desarrollaron, lo que hace necesario implementar un programa de investigación por regiones mineras y áreas ecológicas en nuestro país.

REFERENCIAS

G- 612234

1. Cook, C.W., R.M. Hyde y P.L. Sims, *Revegetation Guidelines for Surface Mined Areas*, Colorado State University, Range Science Department, Sci. Ser. No. 16, Fort Collins, Colorado, 1974.
2. Cook, C.W. y Ch.D. Bonham, *Techniques for Vegetation Measurements and Analysis for a Pre-and Post-Mining Inventory*, Colorado State University, Range Science Department, Sci. Ser. No. 28, Fort Collins, Colorado, 1977.

3. Millar, C.E., L.M. Turk y H.D. Forh, Fundamentos de la Ciencia del Suelo, Cía. Editorial Continental, México, D.F., 1975
4. Thornburg, A.A., Plant Materials for Use on Surface-Mined Lands in Arid and Semiarid Regions, USDA-Soil Conservation Service, SCS-TP-157, Washington, D.C., 1982.
5. Brown, R.W., D.H. Asay, N.C. Frischknecht y R.L. Hodder, Species Selection, In: User Guide to Vegetation, p. 13-18, USDA-Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Gen. Tech. Rep. INT-64, Ogden, Utah, 1979.
6. Nicholas, P.J. McGuinnies, An Evaluation of 17 Grasses and 2 Legumes for Revegetation of Soil and Spoil on a Coal Strip Mine, Journal of Range Management, 35:3, p. 288-293, 1982.
7. McGuinnies, W.J., Topsoil Management, In: Northwest Colorado Land Reclamation Seminar II Proceedings, p. 235-242, 1980.
8. Packer, P.E. y E.F. Aldon, Revegetation Techniques for Dry Regions, In: Reclamation of Drastically Disturbed Lands, ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, 1978.
9. Vogel, W.G., A Guide for Revegetation Coal Minesoils in the Eastern United States, USDA-Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Gen. Tech. Rep. NE-68, Broomall, Pennsylvania, 1981.
10. O'Neal, S.J. y J.J. Buttler, Selecting Storage Areas, In: User Guide to Soils, p. 29-32, USDA-Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Gen. Tech. Rep. INT-68, Ogden, Utah, 1979.
11. Richardson, B.Z., S.D. Merrill, E.E. Farmer, R.W. Brown y R.L. Hodder, Spoils Surfacing, In: User Guide to Soils, p. 59-65, USDA-Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Gen. Tech. Rep. INT-68, Ogden, Utah.
12. Aguirre, E.L. y D.L. Huss, Fundamentos de Manejo de Pastizales, ITESEM, Monterrey, N.L., México, 1979.
13. Laycock, W.A., What is Successful Reclamation? - A Look at the Concepts of Adaptability, Productivity, Cover, and Diversity of Seeded Species, In: Northwest Colorado Land Reclamation Seminar II Proceedings, p. 1-17, Steam Boat Springs, Colorado, 1980.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

- P. En su exposición mencionó que existe una tecnología desarrollada para el control de efluentes líquidos. ¿En qué consiste esta tecnología? ¿MICA-RE desarrolla sus propias tecnologías?
- R. Aún cuando no soy Ingeniero de Minas, entiendo que consiste en la estimación del caudal y la forma de controlarlo cuando se planea la explotación, es decir, abatir los niveles por donde pasarán los desarrollos o desviar o bombear el agua. En todo caso, si está interesado en saber lo que se hace en cuanto a como se va programando el minado y como mediante registros se va estimando el caudal y por lo mismo la forma de abatir los niveles para poder explotar, con todo gusto le turnaría al grupo minero experto en estos menesteres su pregunta.
- P. ¿Hasta qué grado de certeza o confiabilidad ha sido evaluado el impacto ambiental?. Sabemos que la explotación del carbón causa altos niveles de contaminación ¿se cuenta con los equipos anticontaminantes adecuados? Han existido problemas de contaminación provocados por los efluentes, ¿cómo la controlan?. En México ¿en qué porcentaje está controlada la generación de metano? y ¿existen estadísticas de accidentes?
- R. Solamente se han hecho estudios ecológicos de la zona del Tajo I (vean el Anexo A a la ponencia). Antiguamente se habían hecho algunas otras estimaciones pero nunca como en este caso. En la zona del Tajo I se hizo una estimación del tipo de vegetación, clima y fauna, para poder restituir después de la extracción del mineral, el habitat natural en la zona y así es como se está haciendo. Respecto a la contaminación por carbón, quizá para diferenciar un poco

yo atendería a la parte del minado y transporte, ya que habrá una sesión en la que se hablará de los problemas del quemado del carbón. Respecto al minado y transporte, que es básicamente generación de polvo y/o metano, se tiene un control superior, por el riesgo de detonación que existe. MICARE monitorea, y tiene un equipo muy complejo para monitoreo de metano y colección de polvo. En

cuanto al transporte superficial, las bandas transportadoras y todo lo demás tienen equipos de colección. Por último, volviendo al punto de los efluentes, no existe contaminación, en todo caso, existe un incremento de los sólidos en suspensión cuando llegamos a atravesar un acuífero y esa agua normalmente se bombea y se usa para riego, ésta es la contaminación que puede haber.

TABLA I

DESARROLLO CARBOELECTRICO DE MEXICO^{3,4}

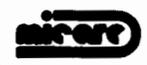
1964	Planta piloto Nava, Coah. y Programa de Exploración	
1976	Planta JLP (Carbón I) 4 x 300 MW (Diseño)	
1977	Creación MICARE	
1982	Primera Unidad	Carbón I
1983	Segunda Unidad	Carbón I
1985	Tercera Unidad	Carbón I
1986	Cuarta Unidad	Carbón I
1988	Primeras dos unidades de Carbón II	
El Proyecto Carbón I	consumirá	4.4 x 10 ⁶ ton/año
El Proyecto Carbón II	consumirá	6.6 x 10 ⁶ ton/año
Reserva recuperable	Carbón I	132.0 x 10 ⁶ ton
Reserva recuperable	Carbón II	164.2 x 10 ⁶ ton
T O T A L		296.2 x 10 ⁶ ton

ACTIVIDADES		EXPLORACION			CONSTRUCCION						OPERACION						TRANSPORTE		ACCIDENTES				
		TRAMITO DE AVENIDAS	APERTURA DEL AREA DEL POZO	PERFORACION DEL POZO	MINAS SUBTERRANEAS			MINAS DE TAJO			MINAS SUBTERRANEAS			MINAS DE TAJO			BANDAS	CAMIONES	INCENDIOS	DERRAMES	EXPLOSIONES	CAIDAS	COLISIONES
					CAMBIOS DE ACCESO	APERTURA DEL AREA	EXCAVACION DE TUNELES	CAMINOS DE ACCESO	APERTURA DEL AREA	AFLOJAR LA SUPERFICIE	PRE-CORTES	DESCAPOTE DEL EXTERNO	EXTRACCION DEL CARBON	QUEBRADO	TAMIZADO	ALMACENAMIENTO							
FACTORES AMBIENTALES																							
MEDIO AMBIENTE FISICO (ABIOTICO)	METEOLOGIA	■	■	■	▲	■	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	GEOLOGIA	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	
	EDAFOLOGIA				▲	■				●	●			●	●					●	●		
	RECURSOS HIDRAULICOS																					■	●
	TOPOGRAFIA Y RELIEVE						■	▲	■	▲			■	▲	■	▲			■	▲			
MEDIO AMBIENTE AMBIENTE ECOLOGICO	VEGETACION	■	■	■	▲	▲	▲	●	▲	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	FAUNA	T	A	T	A	T	A	T	A	P	I	P	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T	
MEDIO AMBIENTE HUMANO	SALUD	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■	■	●	▲	●	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	BIENESTAR	■	▲							■	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■	▲

1- MAGNITUD 2- IMPORTANCIA 3- DURACION 4- CONTROL
 ■ BAJA ■ MENOR T TRANSITORIA E ERRADICABLE
 ▲ MEDIA ▲ MEDIA P PERMANENTE A ATENUABLE
 ● ALTA ● MAYOR I INEVITABLE I INEVITABLE

1	2
3	4

——— MAYOR SIGNIFICATIVO
 - - - - - MENOR SIGNIFICATIVO
 INSIGNIFICANTE



MATRIZ DE IDENTIFICACION - EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES Y ECOLOGICOS

TABLA II

TABLA III
FLORA DE LA REGION DE RIO ESCONDIDO

Nombre común	Nombre científico
HERBACEAS	
Cenizo	Tucophylbum texanus
Gobernadora	Larrea divaricata
Candelilla	Euphorbia antisiphilitica
ARBUSTOS	
Mezquite	Prosopis juliflora
Uña de gato	Acacia greggy
Huizache	Acacia farnesiana
CRETACEAS	
Lechuguilla	Agave lechuguilla
Palma	Yucca sp.

TABLA IV
FAUNA DE LA REGION DE RIO ESCONDIDO

	Nombre común	Nombre científico
Roedores	Conejo Liebre Ardilla Rata Onza	Cuniculus Lepus europaeus Scirus vulgaris Epimys rattus
Xenartros	Armadillo	Dasypus novemcinius
Carnívoros	Tejón Coyote	Taxidia taxus Canis latrans
Marsupiales	Tlacuache	Didelphis virginiana
Aves	Zopilote Tordo Codorniz Cuervo Gavilán Lechuza Tocolote Aguililla Correcaminos	Sarcoramphus papa Turdus philomelus Coturnix coturnix Nycticorax nycticorax Accipiter nisus Tyto alba Strix aluco
Reptiles	Tortuga del desierto Serpiente de cascabel	Crotalus horridus
Artropodos	Tarántula Alacrán	Lycosa tarentula Centruroides suffusus

TABLA V

RANGOS DE RUIDO PARA EQUIPO DE CONSTRUCCION

			NIVEL DE RUIDO (dBA) 15 m.					
			60	70	80	90	100	110
EQUIPOS CON MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	MOVIMIENTO DE TIERRAS	COMPACTADORES						
		CARGADORES FRONTALES						
		RETROEXCAVADORA						
		BULDOZERS						
		EXCAVADORAS NIVELADORAS						
		PAVIMENTADORAS						
		CAMIONES						
	MANEJO DE MATERIALES	MEZCLADORAS PARA CONCRETO						
		BOMBAS PARA CONCRETO						
		GRUAS MOVILES						
		GRUAS FIJAS						
	ESTACIONARIO	BOMBAS						
		GENERADORES (E. ELECTRICA)						
		COMPRESORES						
	EQUIPO DE PERCUSION	LLAVES DE TUERCAS NEUMATICA						
MARTILLO PARA NEUMATICOS Y PERFORADORA DE ROCA								
PILOTEADORA								
OTROS	VIBRADORES							
	SIERRAS							

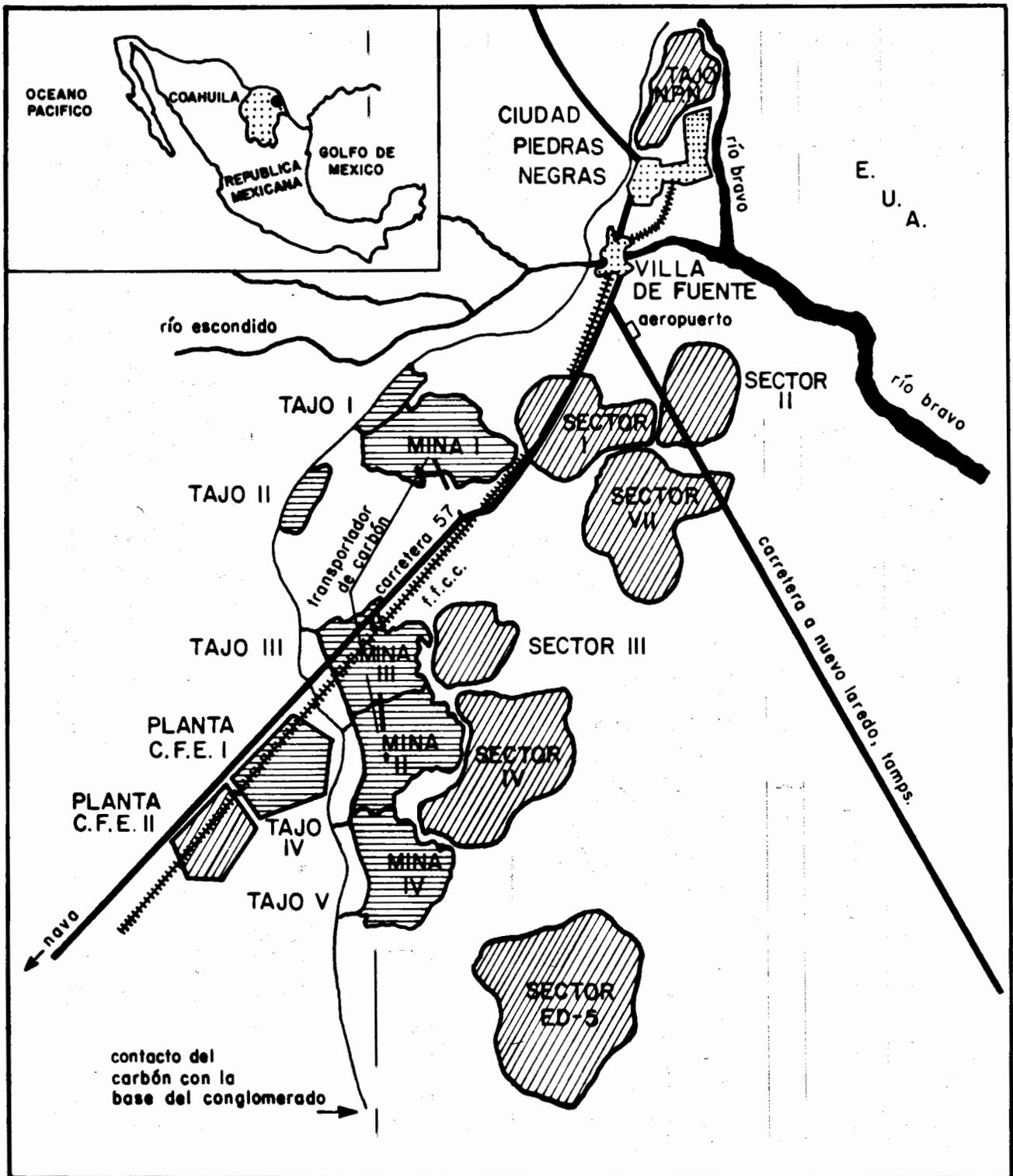
Fuente: Your Government and the environment, by Matthew J. Kerbec, Volume 1-5 1972/73, Arlington, Virginia, U.S.A.

TABLA VI

ESCALA BEAUFORT DE VELOCIDADES DE VIENTO
(Adaptación libre al Sistema MKS)

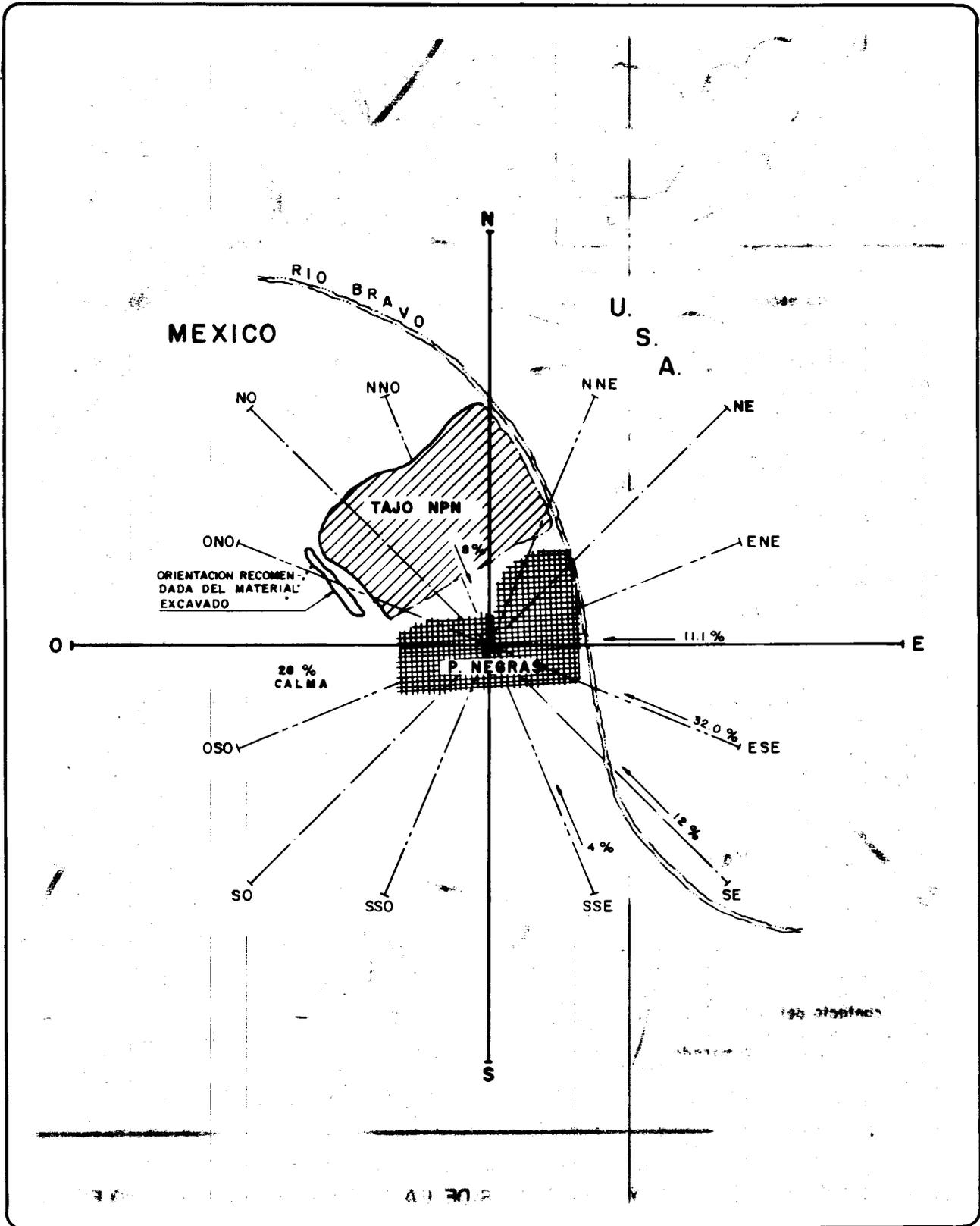
I	Descripción General	Ambito de Velocidad (m/s)	Velocidad Representativa u_e (m/s)
1	Calma	0. - 1.5	0.75
2	Ligero	1.6- 3.3	2.45
3	Gentil	3.4- 5.5	4.45
4	Moderado	5.6- 8.2	6.90
5	Fresco a	8.3-10.8	9.55
6	Fresco b	10.9-14.0	12.45
7	Fuerte a	14.1-17.0	15.55
8	Fuerte b	17.1-20.7	18.90
9	Gale a	20.8-24.2	22.50
10	Gale b	24.3-28.3	26.30
11	Gale franco	28.4-33.5	30.95
12	Huracán	>33.5	>33.50

Fuente: Estudio de las emisiones atmosféricas de la termoeléctrica de Río Escondido, Coah., Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F., 1978.



COMPLEJOS CARBOELECTRICOS Y YACIMIENTOS DE LA CUENCA DE FUENTES RIO ESCONDIDO

Figura 1



UBICACION RECOMENDADA EN RELACION A LOS VIENTOS, PARA EL MATERIAL DE EXCAVACION EN EL TAJO AL NORTE DE P. NEGRAS

Figura 2

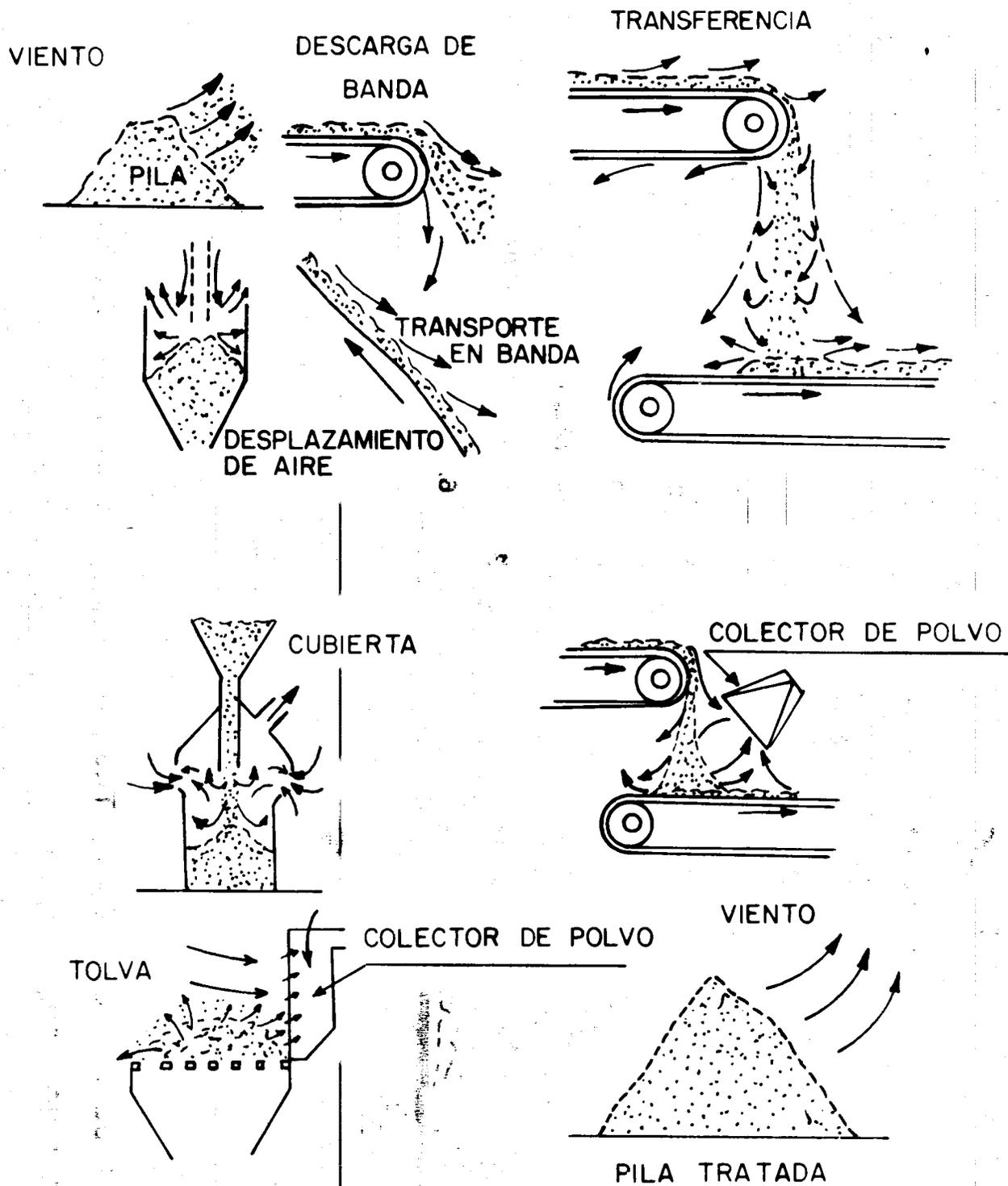
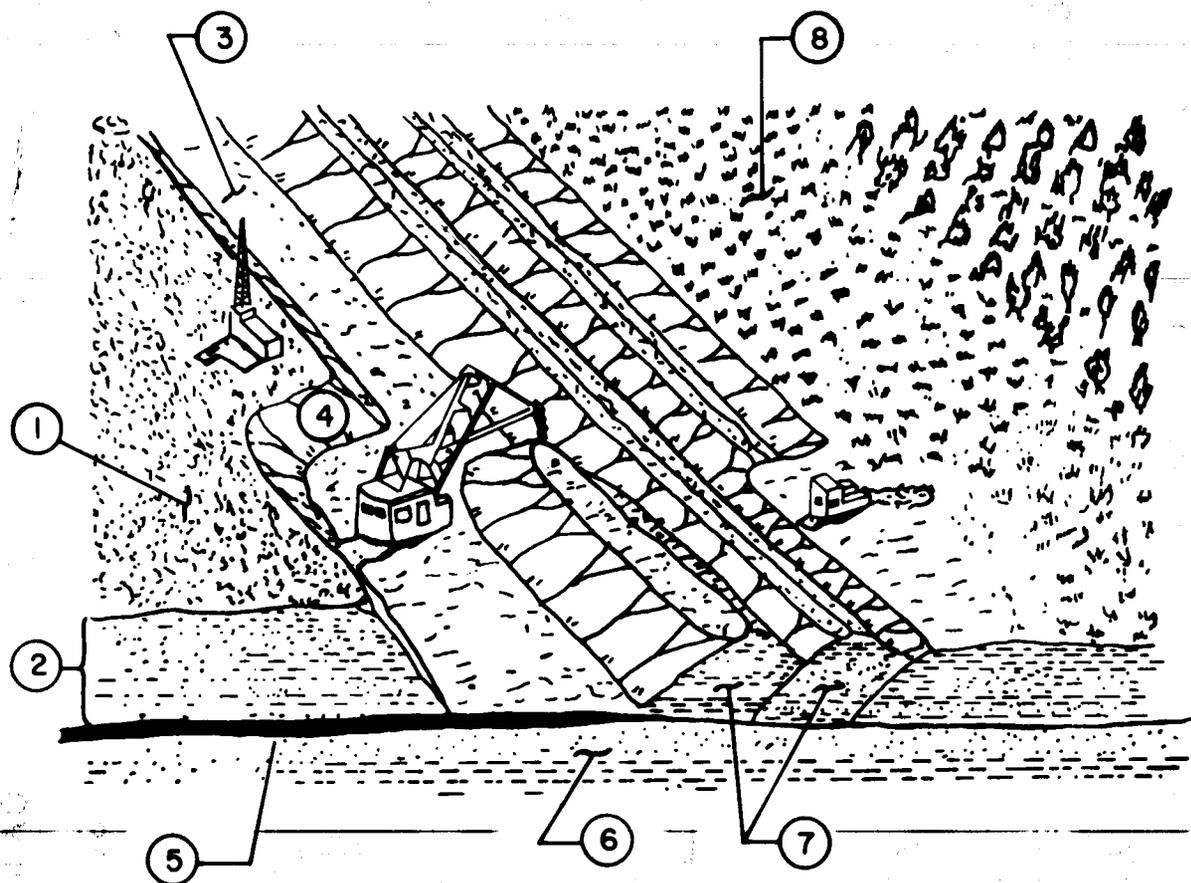


Figura 3. EFECTOS DEL ABATIMIENTO DE EMISIONES DE POLVO



- 1.- AREA NO EXPLOTADA
- 2.- ESTRATIGRAFIA
- 3.- CORTE
- 4.- TALUD
- 5.- MANTO DE CARBON
- 6.- BANCO DE DESCAPOTE
- 7.- TIRADEROS
- 8.- AREA REHABILITADA CON PASTOS Y ARBUSTOS.

Figura 4. AREA DE EXPLOTACION EN TAJO DE CARBON Y REHABILITACION ECOLOGICA SIMULTANEA.

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA EXPLORACION Y EXPLOTACION DE RECURSOS GEOTERMICOS

Dra. Marfa Viñas Sendic
Instituto de Ingeniería, UNAM

INTRODUCCION

En México, existen muchas áreas donde debido a fracturas en la corteza terrestre, el calor del magma produce el calentamiento de acuíferos subterráneos, en los que se alcanzan altas temperaturas y presiones.

La extracción del agua de estos acuíferos, producirá vapor, usado en la generación de energía eléctrica y agua de desecho, con gran concentración de contaminantes y altas temperaturas (100 a 150°C según la forma de separación), así como la descarga de vapor y gases incondensables a la atmósfera, que se encontraban disueltos en el agua. En algunos casos los yacimientos son de vapor dominante y en este caso, el agua de desecho será muy poca y con bajo contenido de contaminantes.

El desarrollo y utilización de la energía geotérmica, lleva a modificaciones ambientales que dependen:

- a) de la naturaleza de los recursos
- b) de la manera que son usados
- c) del carácter geológico y ecológico del lugar

Los yacimientos con altas temperaturas son los más utilizados en la generación de energía eléctrica, pero a la vez contienen cantidades importantes de constituyentes químicos indeseables.

El desarrollo relativamente nuevo de la geotermia, unido a su localización restringida a determinadas zonas y países, lleva a que no estén muy estudiados muchos de los aspectos del impacto ambiental que produce su utilización. Muchas áreas geotérmicas se desarrollaron al principio, en forma experimental y su desarrollo involucra ciertos riesgos económicos. Esto resulta en que las investigaciones de los aspectos de ingeniería ambiental, tienden a ser mínimos en las primeras etapas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS AMBIENTALES DE LA GEOTERMIA

Una ventaja primaria de la geotermia es que ayuda a disminuir la demanda de combustible. En general se cree que los recursos geotérmicos representan una energía relativamente "limpia", aunque el impacto que causa, aún no se conoce en forma completa.

La energía geotérmica debe ser utilizada o convertida en las cercanías del yacimiento, con el propósito de prevenir pérdidas de calor muy grandes. A diferencia de la producción de electricidad por medio de combustibles o por medios nucleares, donde se necesitan grandes áreas de tierra para la obtención del mineral, refinamiento, transporte, utilización del combustible y disposición de desechos, la geotermia no necesita una infraestructura grande de equipos, ni grandes inversiones de energía en su producción. Y aunque produce ciertos disturbios en la superficie terrestre (mayor o menor según el tipo de zona) en general son menores y menos riesgosos que para extraer carbón o uranio.

Las plantas geotérmicas que usan vapor como fluido de las turbinas, no necesitan fuentes externas de agua para enfriamiento, ya que el vapor condensado es reciclado, lo que constituye un beneficio.

Se podría decir, que estas son las ventajas ambientales de la geotermia, pero no todo es positivo. Entre los impactos adversos más significativos de la exploración, desarrollo y producción de la energía geotérmica se tiene:

- a) posible hundimiento de la tierra
- b) inducción de la actividad sísmica
- c) contaminación del aire por la descarga de gases incondensables como el ácido sulfhídrico
- d) niveles de ruido altos en la per-

foración y operación de la planta

- e) contaminación térmica y mineral de aguas superficiales y subterráneas

Otras formas de impacto son el aumento de la erosión y sedimentación debido a los disturbios causados en el lugar, los posibles cambios de clima resultantes del calor desechado, del vapor de agua y del dióxido de carbono emitido, así como disturbios en el suelo, la vegetación y la vida animal.

EL IMPACTO CAUSADO POR LA GEOTERMIA

El impacto causado por la geotermia, puede variar muy ampliamente de un campo a otro. Por ejemplo, los constituyentes químicos del vapor o del agua caliente pueden diferir significativamente de un lugar a otro. La Tabla I muestra los constituyentes más importantes de los campos de: Los Azufres, Cerro Prieto y Los Humeros.

El agua de Cerro Prieto contiene aproximadamente igual cantidad de sílice que Los Azufres, pero cerca de seis veces más cloruros, potasio y sodio. En cambio en Los Azufres se tiene más de 200 ppm de boro y 20 ppm de arsénico, lo que cambia fundamentalmente las posibilidades de disposición de las aguas de uno y otro campo o también pueden cambiar los porcentajes de gases incondensables y dentro de éstos la proporción de ácido sulfhídrico, dióxido de carbono, amoníaco, hidrógeno y otros. Siendo además, diferentes la región y el clima en cada campo. En Cerro Prieto es posible disponer de parte del agua separada en lagunas de evaporación. Sin embargo, en Los Azufres, ni el clima ni la orografía permiten esta posibilidad en las cercanías del campo.

La severidad del impacto ambiental asociado con el desarrollo de la geotermia depende de varios factores, a saber:

- el tipo de yacimiento geotérmico (vapor, vapor-agua, o agua dominante)
- los constituyentes químicos del fluido (en el vapor o en el agua separada)
- características tales como la geología, la hidrología, la topografía y la vegetación de la región
- el diseño y empleo de tecnologías adecuadas para producir energía y

controlar la contaminación

Es muy importante hacer el análisis del impacto y problemas de contaminación en cada lugar, ya que dependerán de las características propias del campo geotérmico, sin dejar de tener en cuenta experiencias e investigaciones de otros campos. Sin embargo, debido a que el desarrollo geotérmico es relativamente nuevo, hay aún un desconocimiento muy grande del alcance de determinados tipos de impactos y no es posible una generalización de experiencias.

Señalaremos algunos problemas ambientales originados por la exploración y producción geotérmica, así como algunos aspectos en que es necesaria mayor investigación en el país.

USO DE LA TIERRA

Aunque la extensión y severidad de los disturbios causados en la superficie son relativamente menores en relación a otros recursos, el desarrollo de la geotermia presenta varios impactos significativos en:

- los requerimientos totales de áreas necesarias para el desarrollo del campo y la extensión en que la tierra es alterada
- la compatibilidad del desarrollo geotérmico con los usos de las áreas adyacentes
- la necesidad de protección de áreas sensitivas (áreas de recreo, o con vida animal o vegetal especial u otras)

Estos efectos pueden ser bien diferentes en los distintos campos. Por ejemplo, Cerro Prieto I está en una zona desértica, en cambio, el proyecto de Cerro Prieto IV está en las proximidades de un ejido cultivable. De igual forma Los Azufres están en una zona montañosa con recursos forestales. Los costos sociales y económicos del desarrollo geotérmico serán diferentes en cada caso.

GEOLOGIA Y SUELOS

La estabilidad de los suelos y las formaciones geológicas del subsuelo pueden ser afectadas de numerosas maneras por la geotermia. Entre las más significativas, potencialmente adversas se tienen las siguientes:

- a) la erosión del suelo
- b) el hundimiento del suelo
- c) la inducción de actividad sísmica

Parte de estos problemas pueden ser resueltos por la reinyección del agua separada. Pero aquí es necesario investigar sobre la naturaleza del subsuelo y del agua de reinyección, ya que es posible en algunos casos producir taponamiento del yacimiento o enfriamiento. Y si existieran fallas con niveles significativos de esfuerzos, la reinyección puede inducir sismicidad.

EL RUIDO

Uno de los disturbios más generalizados, asociado al desarrollo geotérmico es el ruido. Un continuo ruido se produce en la perforación, en las pruebas de producción de los pozos y en la operación de la planta, aunque esto afecta en forma limitada al área de desarrollo. Aquí existe una necesidad clara de investigación sobre el control de ruido y sobre el desarrollo de equipos apropiados y procedimientos de operación que no pueden ser silenciados con la tecnología existente. En la Tabla II se dan algunos niveles de ruido para fines de comparación. Es de hacer notar que reglas de seguridad de la EPA dicen que un trabajador no puede estar sujeto a 115 dBA por más de 15 minutos o a 90 dBA por más de 8 horas.

EL CLIMA, LA CONTAMINACION TERMICA Y LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS NATURALES

Las pérdidas de calor en las líneas y plantas de generación, el agua, el vapor descargado y el dióxido de carbono, pueden causar serios efectos térmicos y climáticos cuando son descargados a la atmósfera, y si son descargados en cuerpos de agua también producirán efectos biológicos negativos.

La emisión de contaminantes en el aire y de aguas de desecho con contaminantes químicos, así como el ruido y la actividad humana, pueden producir un disturbio en la vecindad del campo geotérmico.

Una aplicación concienzuda de las técnicas de control de ruido y de contaminación ambiental, reducirán, pero no eliminarán las perturbaciones.

CALIDAD DEL AIRE

Los gases incondensables y partículas acompañan el vapor geotérmico que se tira a la atmósfera durante la perforación de los pozos, en las pruebas de producción y en la operación de la planta; concentraciones suficientemente altas de algunas de estas sustancias, en especial el ácido sulfhídrico, pueden ser muy dañinos para la salud.

En la Tabla III se muestran los efectos que puede causar el ácido sulfhídrico en el ser humano.

Los estándares de calidad del aire plantean un máximo de 0.03 ppm promedio en una hora.

El ácido sulfhídrico es además convertido a dióxido de azufre en el ambiente y producirá lluvias ácidas que dañan plantas y cultivos.

En la Tabla IV se muestran los porcentajes de gases incondensables en los campos de México.

Los contaminantes más comunes son el dióxido de carbono, que en general representa del 75 al 95% de los incondensables; el sulfhídrico, el amoníaco, el metano y el nitrógeno, que generalmente están presentes en mucho menor cantidad y gases tales como radón, vapores de mercurio y argón están presentes en trazas.

Aún son muy incompletos los datos sobre el efecto en la salud, los niveles de emisión de contaminantes y la calidad del aire en áreas geotérmicas. Las concentraciones que pueden acumularse en un área dada variarán de un campo a otro (según niveles de emisión, orografía y clima) y será necesario considerar el mejor método de evaluación y control de las emisiones en cada caso.

En Cerro Prieto I, para 180 MW generados la emisión de ácido sulfhídrico es de alrededor de 20,000 toneladas métricas por año. La región árida plana, puede quizá aceptar ese impacto, pero esa misma emisión podría ser problemática en los Azufres. La puesta en marcha de las unidades de Cerro Prieto II ya plantea la necesidad de un tratamiento que disminuya el nivel de emisiones.

Existen procesos técnicos como el proceso "Stretford" o el que usa catalizadores de hierro que permiten pasar el sulfuro de azufre y disminuir en un 90% la emisión de éste. Pero estos procesos son patentados y sus costos son tan al-

tos como los de la propia planta generadora. En esta área es posible desarrollar investigaciones, que permitan con una tecnología nacional, disminuir estos costos.

EL AGUA DE DESECHO

El desarrollo geotérmico puede afectar tres aspectos relacionados con la extracción de agua geotérmica:

- 1) emisión de agua con altas concentraciones de contaminantes (Tabla I)
- 2) en la hidrología
- 3) impacto en manantiales de aguas locales

Las aguas de desecho geotérmicas con tienen distintos tipos de contaminantes según los campos y no pueden ser dispuertas en todos ellos superficialmente. En el caso de Cerro Prieto se está disponiendo en una laguna de evaporación, pero el desarrollo de nuevas unidades elevaría en forma excesiva el área a usar para este fin.

Aquí existe por un lado, la posibilidad de recuperar potasio y litio del agua evaporada (este proyecto está siendo llevado a cabo por FERTIMEX) y por otro lado la posibilidad de reinyectar el agua al yacimiento.

La reinyección presenta varias ventajas desde el punto de vista de la contaminación ambiental y permite la recarga del yacimiento; sin embargo, plantea diversos problemas que deben ser estudiados, para evitar taponamientos de los pozos reinyectores o enfriamiento del acuífero.

La extracción continua de agua, puede llevar a un cambio en la hidrología del yacimiento, reducir la cantidad de agua del reservorio y cambiar las características de temperatura o química de manantiales próximos.

NECESIDADES DE INVESTIGACION

De los problemas planteados quisieramos señalar como prioritarios los problemas de contaminación de aire y los planteados en el manejo del agua de desecho, aunque también es necesario tener en cuenta los problemas de ruido.

En el país se han venido investigan-

do distintas alternativas en la disposición de las aguas de desecho. En la Tabla V se muestran los niveles máximos de concentración de contaminantes permitidos en aguas para varios usos.

Las aguas de Los Azufres y Cerro Prieto contienen cantidades de sílice similares, pero Cerro Prieto tiene seis veces más cloruros de sodio y potasio. En Los Azufres hay además boro y arsénico (Tabla I).

Existen formas de tratamiento económicas con cal, para sílice y arsénico, pero la eliminación de boro aunque teóricamente posible (intercambio iónico o remoción inversa) es económicamente inviable. Los cuerpos de agua existentes no permiten su disposición superficial, por lo que aquí es casi imprescindible la reinyección del agua separada al yacimiento.

En el caso de Cerro Prieto no hay boro (1 ppm ya afecta a las plantas), ni arsénico y existe terreno suficiente para la disposición superficial. Pero los problemas de hundimiento del suelo y de ampliación de la capacidad de generación, también han llevado a plantearse la necesidad de reinyectar.

La reinyección del agua separada es desde el punto de vista de la contaminación ambiental y de recarga del yacimiento, la mejor alternativa. Pero es necesario realizar estudios cuidadosos para evitar el taponamiento del yacimiento o el enfriamiento de éste. Y también es necesario considerar experiencias de otros campos en forma cuidadosa ya que éstas pueden ser contradictorias.

Por ejemplo, en el campo geotérmico de Ahuachapan, en El Salvador, se viene reinyectando hace varios años. Allí se reinyecta en caliente directamente el agua separada de los separadores Webre (agua a 8 Kg/cm², 150°C) y no reportan ningún problema en la reinyección, lo que llevaría a recomendar la reinyección de esta forma. Pero analizando el agua de El Salvador tiene, aproximadamente 500 ppm de sílice y Cerro Prieto y Los Azufres tienen del orden de 1,000 ppm. En el yacimiento la disolución de sílice está controlada fundamentalmente por la solubilidad del cuarzo. Al extraer el agua y repararse el vapor, la sílice queda en concentraciones de sobresaturación. La precipitación de sílice en forma de cuarzo es un proceso muy lento (años), en cambio la precipitación o formación de coloides de sílice (sílice amorfa) es un proceso muy rápido (minutos a pH ≈ 7). En la Figura 1, se ven las concentraciones de sílice de

Ahuachapan y Cerro Prieto en relación a las curvas de solubilidad de cuarzo y sílice amorfa.

Se ve entonces que en el caso de Ahuachapan es posible esperar que no haya precipitación de sílice, en cambio sí es posible en el caso de Cerro Prieto y en este caso se corre el riesgo de taponar el yacimiento.

Existen diferencias aún entre los campos de México. La sílice del agua se para a presión atmosférica en Cerro Prieto forma coloides que precipitan, en cambio en Los Azufres los coloides se mantienen a tamaños menores de 0.2 micras y quedan en suspensión sin precipitar. Los estudios realizados mostraron que esto era debido al efecto coagulante que tiene la mayor concentración de sales en Cerro Prieto. Con estos ejemplos se quiere señalar que en cada caso es necesario estudiar la forma menos riesgosa de reinyección. Esto incluye además del estudio del agua, el estudio de la permeabilidad del yacimiento, de las zonas para reinyectar que eviten

el enfriamiento, etc.

Para la contaminación del aire, los problemas y soluciones son también específicos. En Cerro Prieto es posible pensar en quemar el sulfhídrico a anhídrido sulfuroso, por el clima seco de la zona, aunque no sea la solución ideal.

Pero en Los Azufres, eso podría llevar a producir lluvias ácidas que afectan los cultivos de la zona. En este caso es necesario impulsar estudios que adapten tecnologías patentadas a las condiciones del país.

Un factor fundamental para el desarrollo de las investigaciones necesarias y para encontrar soluciones prácticas y adecuadas al país, es una interrelación más estrecha entre los que deberán implementar las soluciones y los distintos servicios que realizan la investigación en esta área. Eso permitirá priorizar áreas, orientarlas adecuadamente, concentrar y complementar recursos y esfuerzos de los distintos organismos.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Existen estudios de impacto ambiental en las plantas en proyecto?, ¿Cuál es el beneficio para la población? es decir, ¿la energía que se produce es importante para el desarrollo de ciertas áreas, o es mejor no utilizarla, si no se conoce el efecto directo en el ambiente y en los aspectos económicos y sociales?

R. El IIE tiene un grupo de investigadores en las plantas de Cerro Prieto. Este ha venido desarrollando distintos aspectos de tecnología y de impacto ambiental en la localidad. Los estudios realizados han sido en el área de medición de niveles de sulfhídrico y sobre las posibilidades de aprovechar el potasio y litio de las lagunas de evaporación por parte de FERTIMEX para producir fertilizantes en el caso del potasio. Otro aspecto, recién planteado esta en la disposición de las aguas residuales, en especial al entrar en operación las nuevas unidades, el caudal será muy grande y se han empezado a analizar y estudiar los problemas de reinyección en los pozos de Cerro Prieto. En el caso de los Azufres, el problema de la reinyección era crítico, ya que en la zona no se disponía de la

superficie necesaria para crear lagunas de evaporación y con ello se veían reducidas las posibilidades de desarrollo posterior del campo. Estos estudios de reinyección han venido siendo realizados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En cuanto a la generación de energía en Los Azufres las cifras indican una generación del orden de 25 MW. Esta energía es enviada a la Ciudad de Morelia y su principal uso ha sido en la sustitución de otros combustibles, contribuyendo de esta manera a la diversificación energética de la zona en un grado relativamente pequeño. En cuanto a la investigación, sería necesario dominar las técnicas de una eficiente recuperación del calor y por otro lado las técnicas de reinyección y manejo de los acuíferos. En el caso de Los Azufres, considero que la investigación de tipo geológico, geofísico, etc., es más necesaria debido a las características volcánicas de la zona, ya que es más difícil el caracterizar un nuevo pozo en base a información adquirida de otro o de otros.

C. Muy interesante su presentación. Quisiera comentar que Cerro Prieto II

ya está operando, aunque a una capacidad de 40% por problemas mecánicos (vibración no controlada en un equipo rotatorio). Considero importantí-

simo recuperar el potasio de las presas de evaporación, ya que Cerro Prieto constituye la única fuente de potasio con la que cuenta el país.

TABLA I

CONSTITUYENTES QUIMICOS EN AGUA SEPARADA (ppm)

	SiO ₂	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	B	As	HCO ₃	Ca ⁺⁺	Observaciones
Los Azufres	1 047	1 670	379	2 875	240	22	76	16	Promedio 12 pozos
Cerro Prieto	1 202	10 761	3 065	20 133	~1	trazas	103	431	Promedio 32 pozos de Cerro Prieto I y II
Los Humeros	656	584	57	373	225	trazas	903	5	1 pozo

TABLA II
NIVELES DE RUIDO

Lugar	Nivel en dB(A)	Distancia (m)	Observaciones
Área residencial suburbana	48-52		
Avión Jet	120-130	35	
Perforación con aire	114	8	
Pozo de vapor abierto	84	27	Vapor al silenciador
Pozo de vapor abierto	150/110	137	Pluma de vapor al aire (sin silenciador)
Pozo de vapor abierto	21/83	914	Pluma de vapor al aire (sin silenciador)
Fuera del edificio de la turbina generadora	72	8	Primera unidad 44 MW Segunda unidad 54 MW

TABLA III
EFFECTO DEL ACIDO SULFHIDRICO EN EL SER HUMANO

Concentraciones (ppm)	Efectos
0.0007- 0.030	Olor desagradable
0.33	Olor penetrante y desagradable, dolor de cabeza, náuseas
2.7 - 5.3	Olor ofensivo, dolor de cabeza, náuseas
20 -33	Olor fuerte pero no intolerable
100	Puede causar pérdida del sentido del olfato en pocos minutos
210	Olor no fuerte, probablemente debido a parálisis del olfato
667	Puede causar muerte rápidamente por parálisis respiratoria
750	No hay sensación de olor, la muerte se produce rápidamente por exposición breve

TABLA IV
CONTENIDO DE GAS EN EL VAPOR

Campo	% gas en el vapor	% de Volumen H ₂ S	% CO ₂	Observaciones
Cerro Prieto	1.7	5	92	Promedio en Cerro Prieto I y II
Los Azufres	3.7	3	95	Promedio 12 pozos
Los Humeros	2.5	12	83	1 pozo

TABLA V

NIVELES MAXIMOS DE CONCENTRACION PERMITIDOS EN AGUAS PARA VARIOS USOS (ppm)

	Aguas potables*	Aguas de recreo (pesca)	Irrigación
Sólidos disueltos totales	1 500	7 000	200-1000
Cloruros	600	250	100-200
SO ₄	400	200	200
pH	6.5-9.2	6.5-8.8	-
F	0.8-1.7	1	10
B	30	500	0.5-1.0
As	0.05	1	1
H ₂ S	0.05	0.3	-
CO ₂	-	3 cm ³ /l	-
Hg	0.001	-	-

* W.H.O. International Standars of Drinking Water

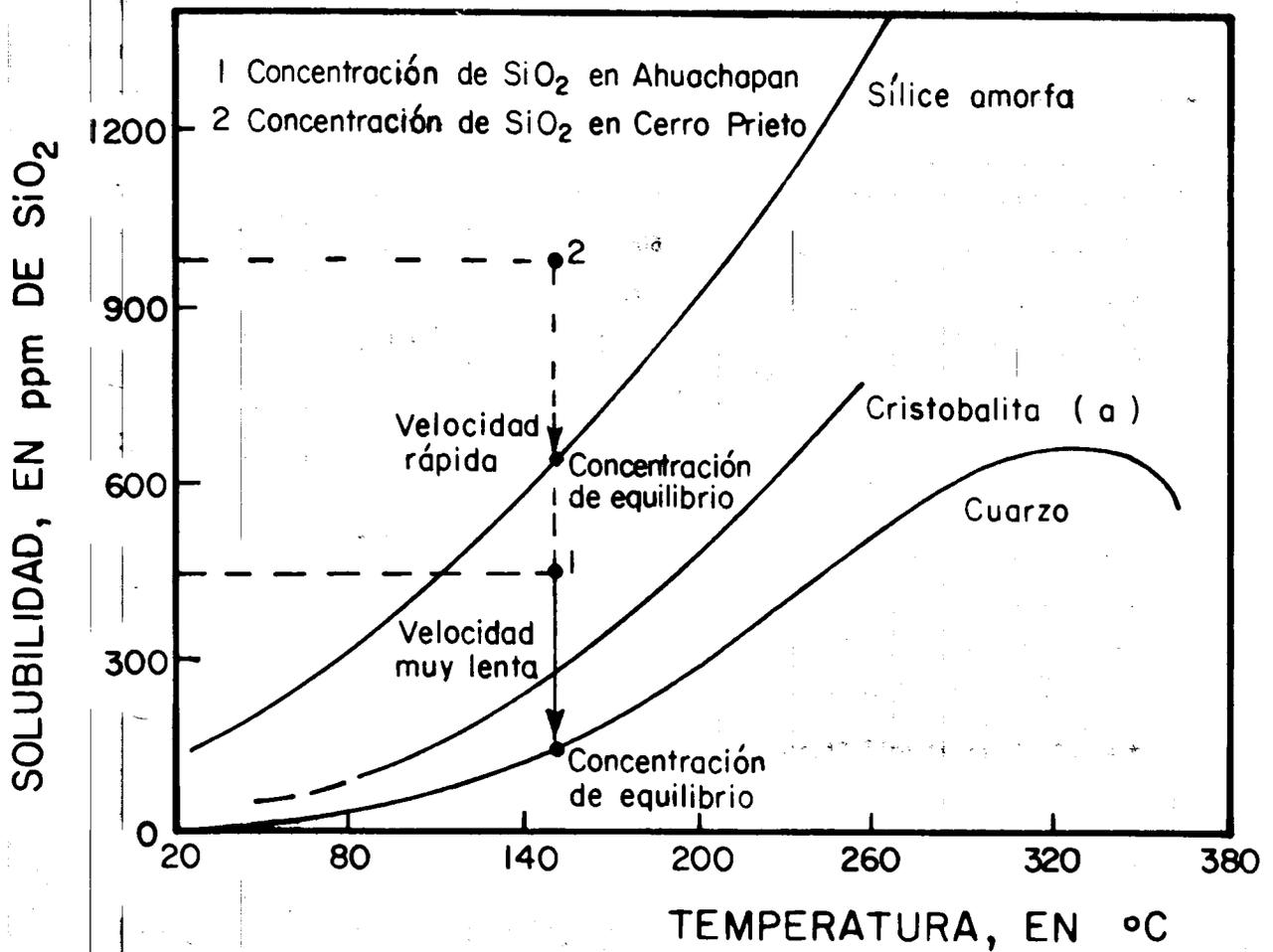


Figura 1. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE LA SOLUBILIDAD DE LA SILICE

TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS

Dr. Alejandro Arriola Medellín
Instituto Mexicano del Petróleo

LA CRISIS PETROLERA: ANTECEDENTES E IMPLICACIONES

Antes de hablar de tecnologías alternas daré algunos antecedentes de la crisis de los energéticos.

A partir de la segunda guerra mundial, la base del modelo de desarrollo de los países industrializados (que son los principales consumidores de materias primas) fue la disponibilidad de recursos energéticos abundantes y a bajo costo.

En este contexto, cuestiones como: el uso racional de los recursos naturales, el ahorro de energía o la preservación del medio ambiente, eran de poca importancia en las políticas gubernamentales.

La crisis de los años setenta representó el inicio de un proceso de redistribución de la propiedad de los recursos petroleros, de su explotación y distribución¹ a escala internacional (Cuadro 1). Por otra parte, el aumento de los precios² del petróleo abrió el espacio para cambiar el comportamiento del consumo de energéticos y promovió el desarrollo de nuevas fuentes sustitutivas del petróleo.

El inicio de la década de los ochenta se caracterizó por la desaceleración en el aumento de los precios del petróleo crudo y un relativo exceso del mismo en el mercado internacional.

Entre los factores que configuran esta situación podemos mencionar los siguientes:

- a) la aplicación de políticas de ahorro de energía en los países industrializados, junto con el creciente proceso de sustitución del petróleo por otras fuentes convencionales como gas natural, carbón e hidroelectricidad
- b) la expansión de la producción de

energéticos, incluyendo el petróleo, en los países en desarrollo

- c) el uso marginal, pero creciente, de las fuentes energéticas alternas no convencionales como el alcohol, energía solar y geotermia

OPCIONES ENERGETICAS

Revisaremos ahora las principales opciones energéticas, generadas a nivel internacional, después de la crisis de los años setenta (Diagrama 1).

- 1) *Carbón*: los procesos de hidrocarburos sintéticos, basados en la licuefacción y gasificación del carbón, constituyen una realidad tecnológica a nivel industrial. Sin embargo, los costos de estos procesos no pueden competir con los procesos tradicionales a partir del petróleo crudo.
- 2) *Uranio*: la electricidad de origen nuclear (fisión), se presenta como uno de los sustitutos más importantes del petróleo. A pesar de ser una realidad industrial, esta opción ha sufrido un notable freno en la mayoría de los países industrializados; por problemas de desconfianza social hacia este tipo de energía, así como por los altos costos asociados al reforzamiento de los sistemas de seguridad de las centrales nucleares.
- 3) *Fusión Nuclear*: se requieren grandes y difíciles progresos antes de pasar a ser una realidad tecnológica.
- 4) *Geotermia*: la utilización del calor del vapor subterráneo y de los depósitos de salmuera caliente, parece muy atractiva. Esta fuente de energía es explotada a nivel industrial en los países que disponen de este recurso, sin embargo, su participación actual

en los balances energéticos es marginal.

- 5) *Biomasa*: la descomposición natural de sustancias orgánicas produce gases que pueden ser aprovechados con fines energéticos. La biomasa juega un papel importante en el suministro de energía de las naciones poco industrializadas. Por desgracia, el sistema de combustión en estufa abierta, que es el más utilizado, resulta ser el menos eficiente. De esta manera, además de las limitaciones relacionadas con la utilización de grandes extensiones de tierra para el cultivo de la biomasa, es necesario resolver los problemas tecnológicos de los procesos de conversión de ésta en productos energéticos (metano, hidrógeno e hidrocarburos líquidos).
- 6) *Radiación Solar*: actualmente las aplicaciones descentralizadas de esta energía se reducen al plano doméstico. Por otra parte, los sistemas de generación de potencia centralizada (fotovoltaica y heliostatos) se encuentran en desarrollo intensivo y a nivel prototipo. Se espera que la energía solar sea competitiva a partir de 1990.
- 7) *Energía Eólica*: la energía generada por corrientes de aire se encuentra en etapas incipientes de desarrollo y sólo permite soluciones locales.

Entre los problemas adicionales que enfrentan las tecnologías alternas, para su utilización como sustitutos del petróleo, podemos señalar los siguientes:

- su movilización exige plazos de seis a 10 años. Este es el lapso que separa la decisión, por ejemplo, de abrir una mina de carbón o construir una central nuclear, a la obtención de las primeras toneladas extraídas o los primeros kilowatts-hora.
- los costos de inversión de los equipos de producción de las energías alternas son, en general, más elevados que los del petróleo.
- en muchos casos las energías alternas exigen una adaptación de los equipos de utilización (calderas) o de las instalaciones (aislamiento de casas), de manera que la implementación de una política

de conversión de equipos y de su transformación exige plazos que pueden variar también de seis a 10 años.

De esta manera, podemos decir que el petróleo, el gas natural y el carbón seguirán siendo, a mediano plazo, las fuentes fundamentales tanto para la generación de energía como para la obtención de materia prima para las industrias no energéticas, como la petroquímica.

OPCIONES DE MEXICO

En México, posiblemente la existencia de una sólida infraestructura tecnológica de las industrias del petróleo y del gas frenó el desarrollo de nuevas opciones energéticas.

Del Balance Energético de México³ (Cuadro 2), podemos ver que la estructura de la oferta cambió poco desde 1970, por otra parte, es evidente la importancia del petróleo en el consumo de energéticos primarios. En la Tabla I se muestra la dependencia de los diferentes sectores de la economía respecto a esta fuente.

De esta manera, la situación mexicana pone de relieve la perspectiva mundial, en el sentido de que la mayor parte de las necesidades energéticas del país mantendrán su dependencia de la tecnología petrolera.

Sin embargo, sería necesario desarrollar nuevas alternativas, no sólo para depender menos del petróleo, sino también, para aprovechar todos los recursos energéticos disponibles en el país.

Del balance de consumo de energéticos primarios por sector (Cuadro 3), podemos apreciar que el sector generador de energía, PEMEX y CFE, es el principal consumidor de energía³.

En el caso particular de la industria petrolera, sería conveniente que su desarrollo tecnológico tomara en cuenta el binomio energía-medio ambiente; esto podría hacerse bajo dos puntos de vista.

- optimización de los procesos; tanto para mejorar el aprovechamiento de los recursos (a través de la economía de la energía), como para el ambiente (a través del uso integral de la energía)
- recuperación y tratamiento de los

residuos de procesos; a fin de reducir el impacto sobre el medio ambiente y utilizar las sustancias de desecho.

En este sentido, la tecnología petrolera, con una mentalidad abierta, podría ser un punto de apoyo para desarrollar y acelerar la maduración de tecnologías alternativas.

TECNOLOGIAS PETROLERAS

Presentaré a continuación las principales tecnologías petroleras, y señalaré los aspectos en que ellas estarían relacionadas con el desarrollo de las fuentes alternas de energía en México (Diagrama 2).

- a) *Exploración*: la experiencia en el área petrolera podría ser de ayuda en la búsqueda (*prospección*) de yacimientos de carbón, uranio y geotérmicos; así como para saber cómo son (*caracterización*) y cuánto tienen (*evaluación*).
- b) *Explotación*: el desarrollo de las tecnologías de *perforación* y *producción* de yacimientos de petróleo sería importante en la explotación de yacimientos geotérmicos.
- c) *Refinación*: la investigación tecnológica en la refinación de aceites crudos, tendría relevancia en todos aquellos procesos de *separación* y *tratamiento* de las distintas fracciones líquidas que se puedan obtener a partir del carbón o de esquistos.

Por otra parte, algunos procesos de refinación del petróleo son necesarios para obtener *fluidos secundarios de trabajo* que se necesitan para aprovechar los yacimientos geotérmicos de baja entalpía.

- d) *Petroquímica*: los procesos utilizados en la industria petroquímica pueden ser útiles para tratar los productos provenientes de la gasificación del carbón. Asimismo, la tecnología petroquímica podría ser la guía para el procesamiento del gas natural, o de los hidrocarburos gaseosos que pudieran resultar de la fermentación de la biomasa. Por otro lado, a través de procesos utilizados en petroquímica podría producirse agua pesada para la industria nucleoelectrónica.

- e) *Ingeniería*: para el desarrollo de fuentes energéticas no convencionales la ingeniería podría ser empleada para el diseño de sistemas de transporte, sistemas reaccionantes y aquellos de separación para el desarrollo tecnológico del carbón, esquistos, biomasa y gas natural.

TECNOLOGIAS APROPIADAS

Presentaré a continuación dos proyectos tecnológicos recientemente considerados en el Instituto Mexicano del Petróleo y que están relacionados con la utilización alterna del gas natural, y con el empleo integral de la mezcla agua-vapor de los yacimientos geotérmicos.

PLANTAS DE POTENCIA POR CELDAS DE COMBUSTIBLE

El principio de operación de las celdas de combustible es la reacción electroquímica entre el hidrógeno y el oxígeno del aire (Figura 1).

En nuestro caso, la materia prima es el gas natural, que por medio de un proceso catalítico de reformación se transforma en un gas rico en hidrógeno.

El resultado de la reacción en la celda de combustible es un flujo de corriente directa, y como subproducto se tiene agua.

Las ventajas de esta tecnología son: eficiencia, limpieza y modularidad.

Por su limpieza (Tabla II) y respuesta rápida (virtualmente instantánea) ante cambios de demanda, puede ser un respaldo de las plantas urbanas en las horas pico; por ejemplo, sistemas de transporte eléctrico o centrales telefónicas.

Por su modularidad, podría funcionar en sitios donde no es económico tender líneas de transmisión, transportar combustibles o mantener y operar una planta termoelectrónica convencional, pero donde exista gas natural; por ejemplo, plataformas marinas o comunidades aisladas cercanas a pozos de gas.

En la actualidad, en el IMP se desarrolla un programa de evaluación de un prototipo de planta de potencia por celdas de combustible de 40 Kwatts, así como un modesto programa de investigación

sobre electrodos y propiedades básicas de celdas unitarias.

UTILIZACION DE LA ENERGIA GEOTERMICA

En México, la mayoría de los yacimientos geotérmicos son de salmuera caliente (vapor de agua mineral) y no de vapor seco. La explotación de los pozos generalmente está dirigida a la utilización de vapores para generar electricidad, sin aprovechar grandes cantidades de agua caliente.

Por esta razón se planteó la necesidad de desarrollar procesos costeables para usar en forma integral la mezcla geotérmica de vapor y agua, pues el potencial, en nuestro país, es mayor en estos recursos que en vapor seco.

El principio del proceso para aprovechar la energía de las salmueras calientes consiste en vaporizar un fluido, denominado fluido de trabajo (freón, hidrocarburos de bajo peso molecular como etileno, propileno, metano y etano), el cual opera a su vez una turbina para generar energía eléctrica. El vapor del fluido, una vez condensado, se recircula nuevamente al sistema (Figura 2).

La salmuera abandonará el intercambiador de calor a temperaturas que varían en 90°C y 120°C (dependiendo de la temperatura del yacimiento) y puede utilizarse en usos secundarios.

Los problemas tecnológicos que se estudian en el IMP son:

- a) Selección del fluido de trabajo; que sea óptimo para explotar el yacimiento geotérmico.
- b) Desarrollo de intercambiadores de calor eficientes para funcionar con las salmueras, las cuales son altamente corrosivas e incrustantes.
- c) Diseño de sistemas de transformadores de energía para usos secundarios: refrigerador de absorción y desaladora de agua de mar.
- d) Evaluación termodinámica de fluidos binarios de trabajo para los sistemas de uso secundario.

CONCLUSIONES

Del análisis de la evolución del consumo de los energéticos en México se

puede ver que la estructura de la oferta cambió poco desde 1970 a 1982; lo que nos hace suponer que, en los próximos años, el petróleo y el gas natural seguirán siendo las fuentes fundamentales, tanto para la generación de energía, como para la obtención de materia prima para industrias no energéticas, como la petroquímica.

Podemos notar, además, que el propio sector energético (PEMEX y CFE) es uno de los más importantes consumidores de energéticos primarios; y que este consumo está vinculado principalmente con pérdidas en los procesos de transformación, y en la conversión de energía eléctrica.

En el caso particular de la industria petrolera, sería pues necesario incrementar esfuerzos para desarrollar nuevas técnicas que consideren, tanto la optimización de los procesos, como el ahorro de energía. Dentro de esta óptica, la tecnología petrolera, con una mentalidad abierta, podría ser un punto de apoyo para el desarrollo de las fuentes alternas. De la misma manera que los avances logrados en los procesos relacionados con las energías no convencionales podrían contribuir al mejoramiento de las técnicas petroleras.

En lo que respecta al medio ambiente, sería posible reducir el impacto térmico sobre éste si se considera la utilización integral de la energía en los procesos energéticos, por ejemplo, usos secundarios de fluidos geotérmicos.

Por otra parte, podría disminuir la cantidad de sustancias nocivas emitidas sin control directamente sobre el ambiente, si la generación de energía, a partir de las fuentes convencionales, se realiza con procesos de conversión diferentes, por ejemplo, gas natural en celdas de combustible.

Por último, dado que los costos de los procesos vinculados al petróleo (desde su exploración hasta la conversión en energía final) sirven de base para evaluar si las fuentes alternas son competitivas o no, sería conveniente que ese patrón de comparación incluyera los costos de recuperación y tratamiento de los desechos generados por la misma industria del petróleo.

REFERENCIAS

1. Energéticos, Boletín Informativo del Sector Energético, Año 4, No. 8, agosto, 1980.

2. Energéticos, Boletín Informativo del Sector Energético, Año 5, No. 11, noviembre, 1981.

3. Energéticos, Boletín Informativo del Sector Energético, Año 2, No. 3, marzo, 1970, 1977 y 1978.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. Ya que el IMP es el proveedor de tecnología para el aprovechamiento de los recursos energéticos, principalmente de PEMEX ¿en qué grado existe una autosuficiencia tecnológica en esta materia?, ¿Cuál es la dependencia del exterior?

R. Todo desarrollo tecnológico que se hace en el Instituto está vinculado con problemas específicos de PEMEX, en este sentido podría decirse que no existe una dependencia relacionada con el exterior.

P. Los contaminantes que emiten las centrales que queman gas natural provienen del propio gas, al usar celdas de combustible se dice que las emisiones se reducen, cabe preguntarse ¿donde quedaron los contaminantes, no los estaremos pasando simplemente de un medio a otro?, ¿qué efectos tienen los contaminantes sobre los catalizadores? o es que antes de entrar al equipo se retiran los contaminantes?

R. El gas natural sufre un proceso en la celda de combustible, una transformación química, los residuos que se generan provienen del proceso catalítico de enriquecimiento del gas natural. Además, la descomposición de la estructura (los componentes) de la celda producen otros contaminantes que son arrastrados por el

agua que se genera en la misma.

P. Si consideramos el costo del ciclo completo de los energéticos ¿en él se encuentran incluidos los costos ambientales?, ¿los han considerado en el caso de extracción del petróleo y su aprovechamiento?

R. Precisamente, mi recomendación era que deberían considerarse los costos de los residuos vinculados a la industria petrolera, me parece que no se consideran éstos cuando se habla de costos de producción del petróleo. Si bien, tengo entendido que se han realizado algunos tratamientos en diversas zonas, me son desconocidos los costos relacionados con estos procesos de tratamiento.

C. Si hay dependencia, por ejemplo, en tecnología química de procesos y productos y catalizadores, sobre todo en equipo. En cambio se han vendido algunas tecnologías, sobre todo a países centro y sudamericanos. En el IIE se han hecho relativamente más avances sobre tecnología en bienes de capital.

C. Efectivamente, existe una dependencia tecnológica a nivel de equipo, no solamente en lo relacionado con el petróleo, en general la investigación en México depende fuertemente de la importación de equipo.

TABLA I

BALANCE DE ENERGIA DE MEXICO, 1982[†]
 CONSUMO DE ENERGIA POR FUENTE Y SECTOR

FUENTE SECTOR	PETROLEO	GAS NATURAL	CARBON	HIDROENERGIA	GEOTERMIA	TOTAL 10 ¹² Kcal
INDUSTRIA	27.45%	42.39%	16.89%	13.27%		215.93 19.85%
TRANSPORTE	100%	-	-	-		299.81 27.56%
RESIDENCIAL	78.80%	8.16%	-	13.04%		80.24 7.38%
AGRICOLA	46.76%	-	-	53.24%		7.27 0.67%
PEMEX*	62.11%	37.89%	-	-		210.12 19.32%
C.F.E.**	1 0 0 %					152.60 14.03%
NO ENERGETICOS (Petroquímica)	23.34%	86.17%	-	-		112.40 10.33%
OTROS Comercial, Público	-	-	-	100%		9.35 0.86%
TOTAL 10 ¹² Kcal	687.41	292.08	39.54	65.60	3.9	1087.72
%	63.19%	26.85%	3.64%	6.03%	0.28%	100%

* Pérdidas por transformación, usos propios

** Pérdidas por conversión a energía eléctrica, transformación y usos propios

† Cifras preliminares

TABLA II

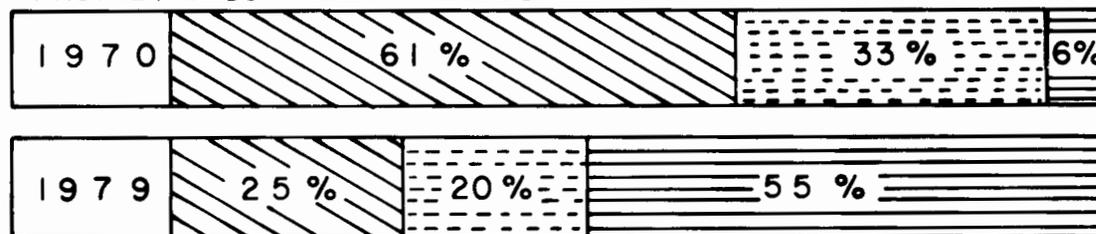
	EMISIONES TOLERABLES			CELDA DE COMBUSTIBLE
	LBS/10 ⁶ BTU			
	GAS	PETROLEO	CARBON	
PARTICULAS SOLIDAS	0.1	0.1	0.1	0.0000029
NO _x	0.2	0.3	0.7	0.013-0.018
SO ₂	NO HAY REGLAMENTO	0.8	1.2	0.000023
HUMO	OPACIDAD 20%			DESPRECIABLE
AGUA	SE REQUIEREN TORRES DE ENFRIAMIENTO			ENFRIADO POR AIRE

ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA PETROLERA MUNDIAL

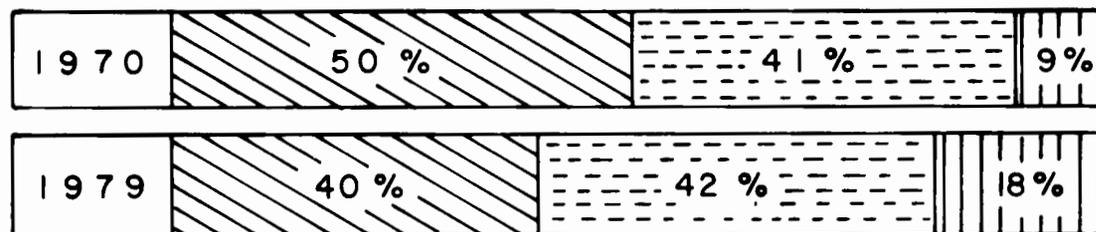
PRECIO DEL PETROLEO "ARABE LIGERO"

AÑO	U \$ /barril (dllrs USA-1980)
1960 - 1970	1.8
1971	2.21
1972	2.23
1973	4.15
1974	9.47
1979	18.67
1980	28.57
1981	31.42
1982	33.57

PROPIETARIOS DEL CRUDO



VENTA DE PRODUCTOS



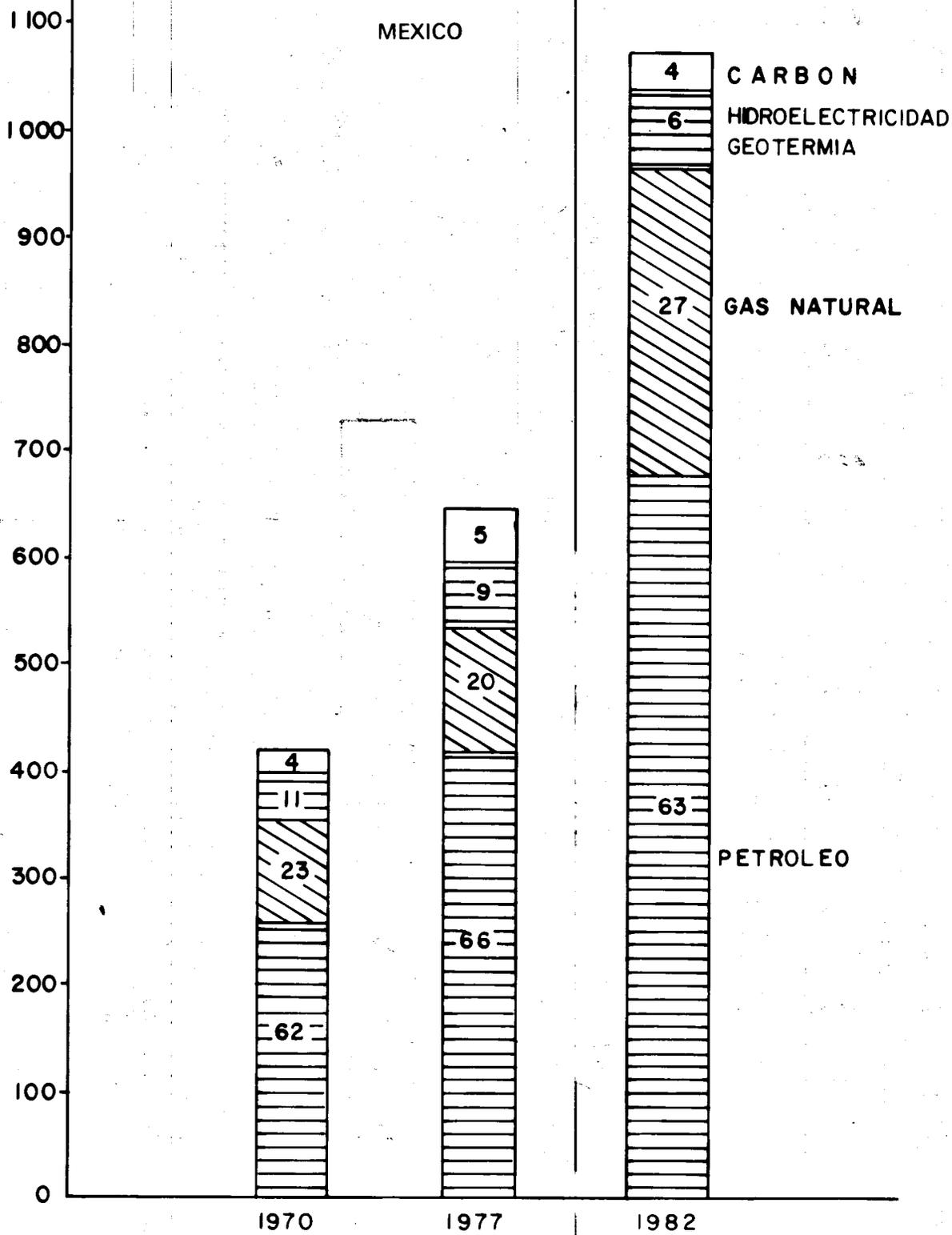
Cuadro 1

CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA

Kcal x 10¹²

%

MEXICO



Cuadro 2

BALANCE ENERGETICO

CONSUMO DE ENERGIA POR SECTORES

Kcal x 10¹²

800

700

600

500

400

300

200

100

0

100

200

300

400

%

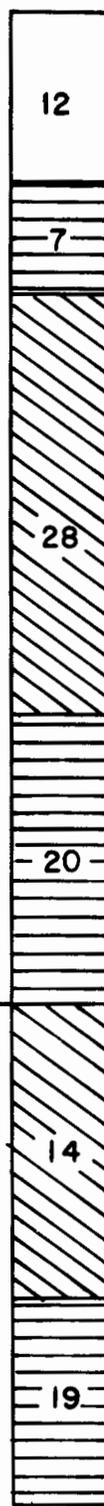
MEXICO



1970



1977



1982

NO ENERGETICO
AGRICOLA
COMERCIAL

RESIDENCIAL

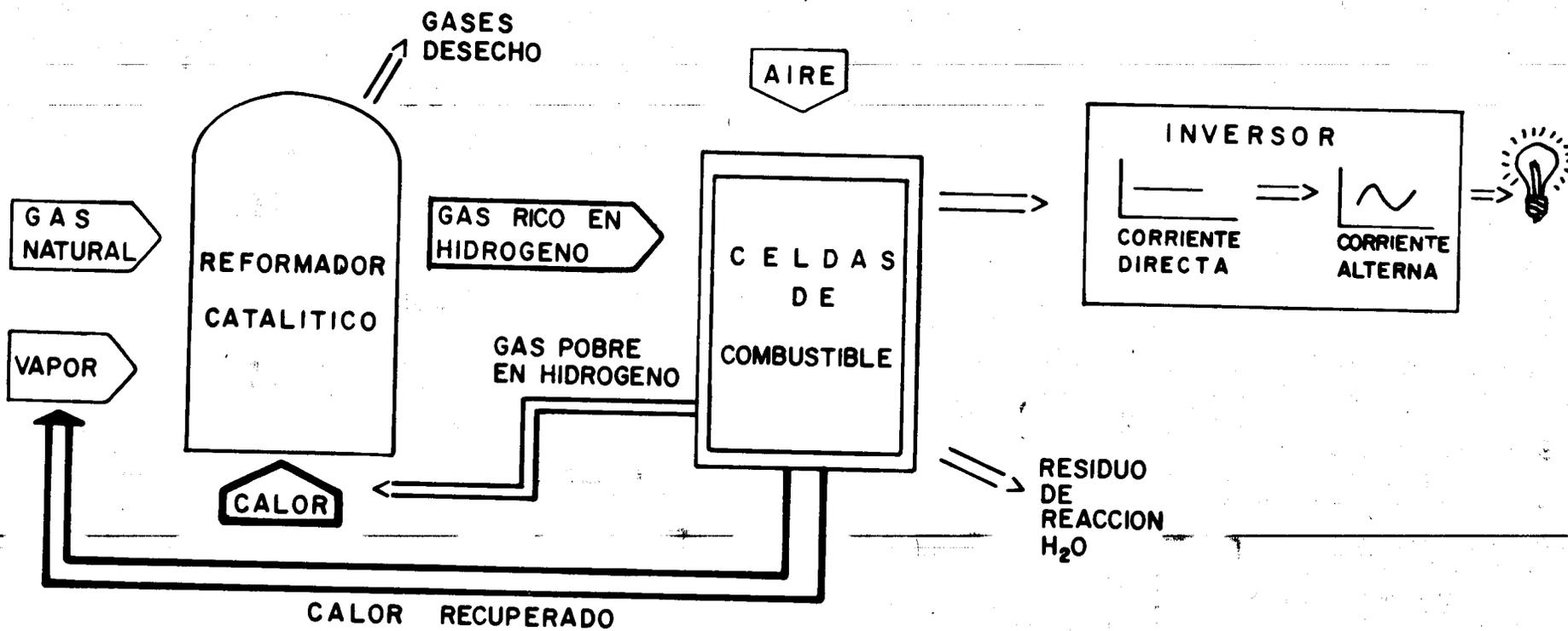
TRANSPORTE

INDUSTRIA

PEMEX

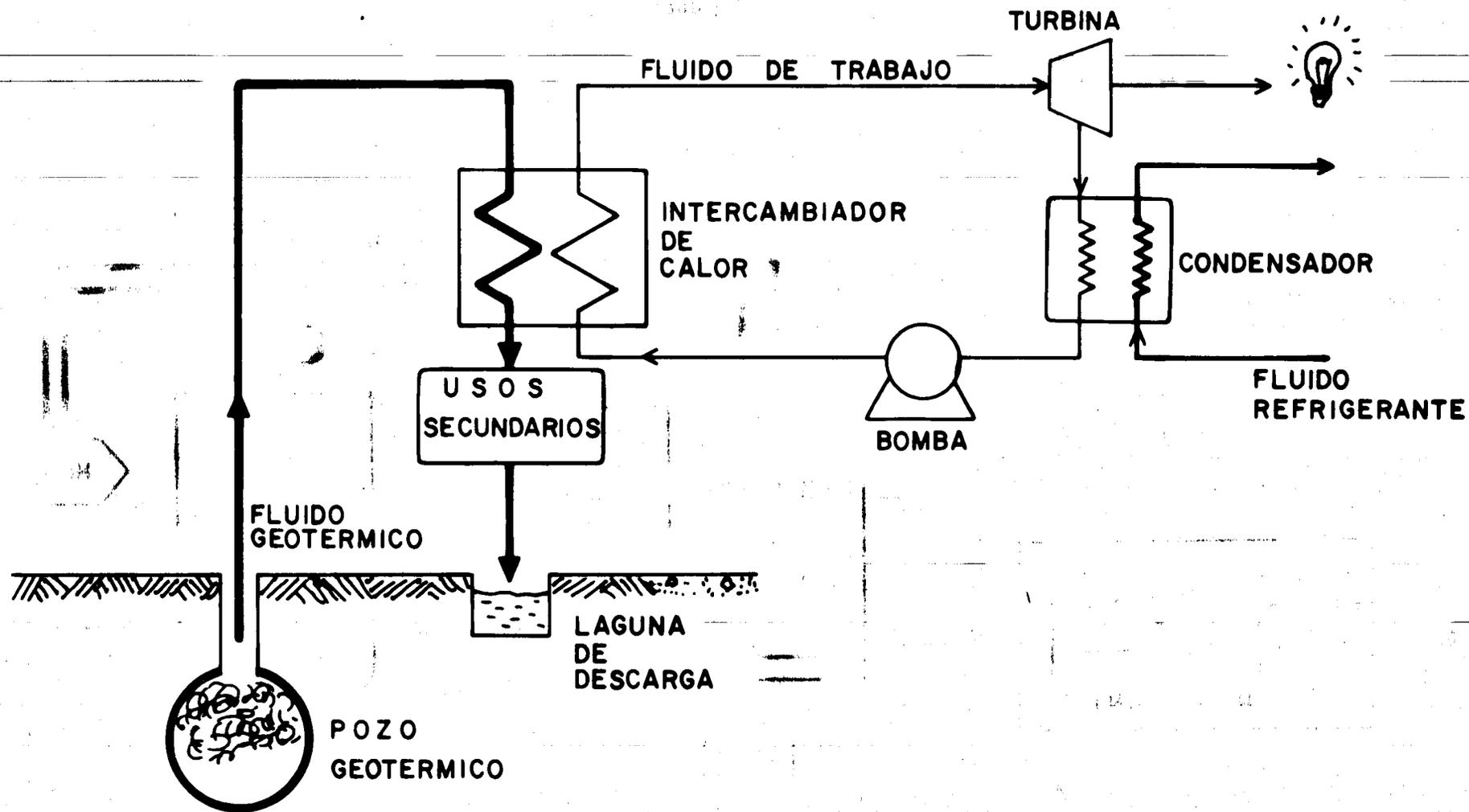
C F E

Cuadro 3



PLANTA POR CELDAS DE COMBUSTIBLE

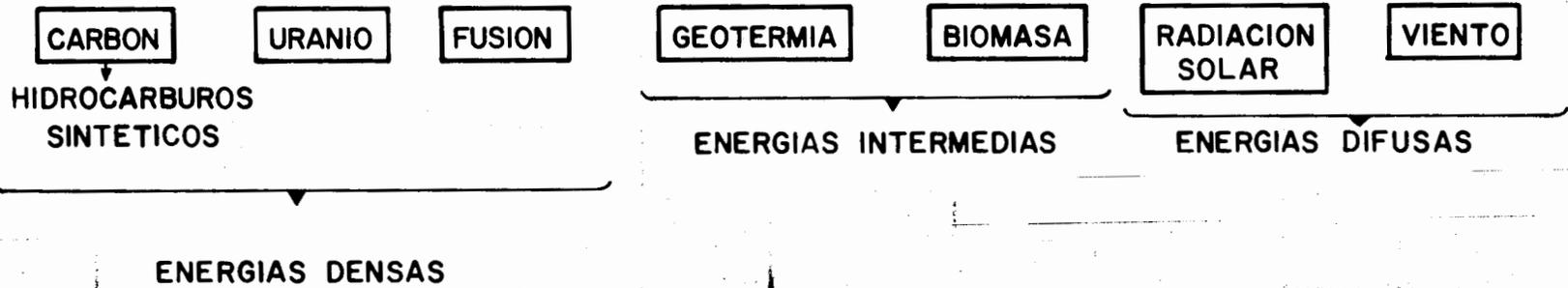
Figura 1



ESQUEMA DE PROCESO GEOTERMICO

Figura 2

FUENTES ALTERNAS Y USOS



USOS DENSOS
INDUSTRIA: ALTAS TEMPERATURAS ELECTROLISIS
TRANSPORTE: GRANDES DISTANCIAS

USOS INTERMEDIOS
INDUSTRIA: BAJAS TEMPERATURAS
TRANSPORTE: CORTA DISTANCIA
RESIDENCIAL: ALUMBRADO CALEFACCION AREAS CONCENTRADAS

USOS DIFUSOS
- MOLIENDA GRANO
- BOMBEO AGUA
- CALEFACCION Y CALENTAMIENTO AREAS DISPERSAS

- PLAZOS DE MOVILIZACION DE 6 a 10 AÑOS
- COSTOS DE INVERSION ELEVADOS RESPECTO AL PETROLEO
- PLAZOS DE ADAPTACION DE EQUIPOS DE 5 a 10 AÑOS

Diagrama 1

TECNOLOGIAS DEL PETROLEO Y DIVERSIFICACION ENERGETICA

TECNOLOGIAS DEL PETROLEO

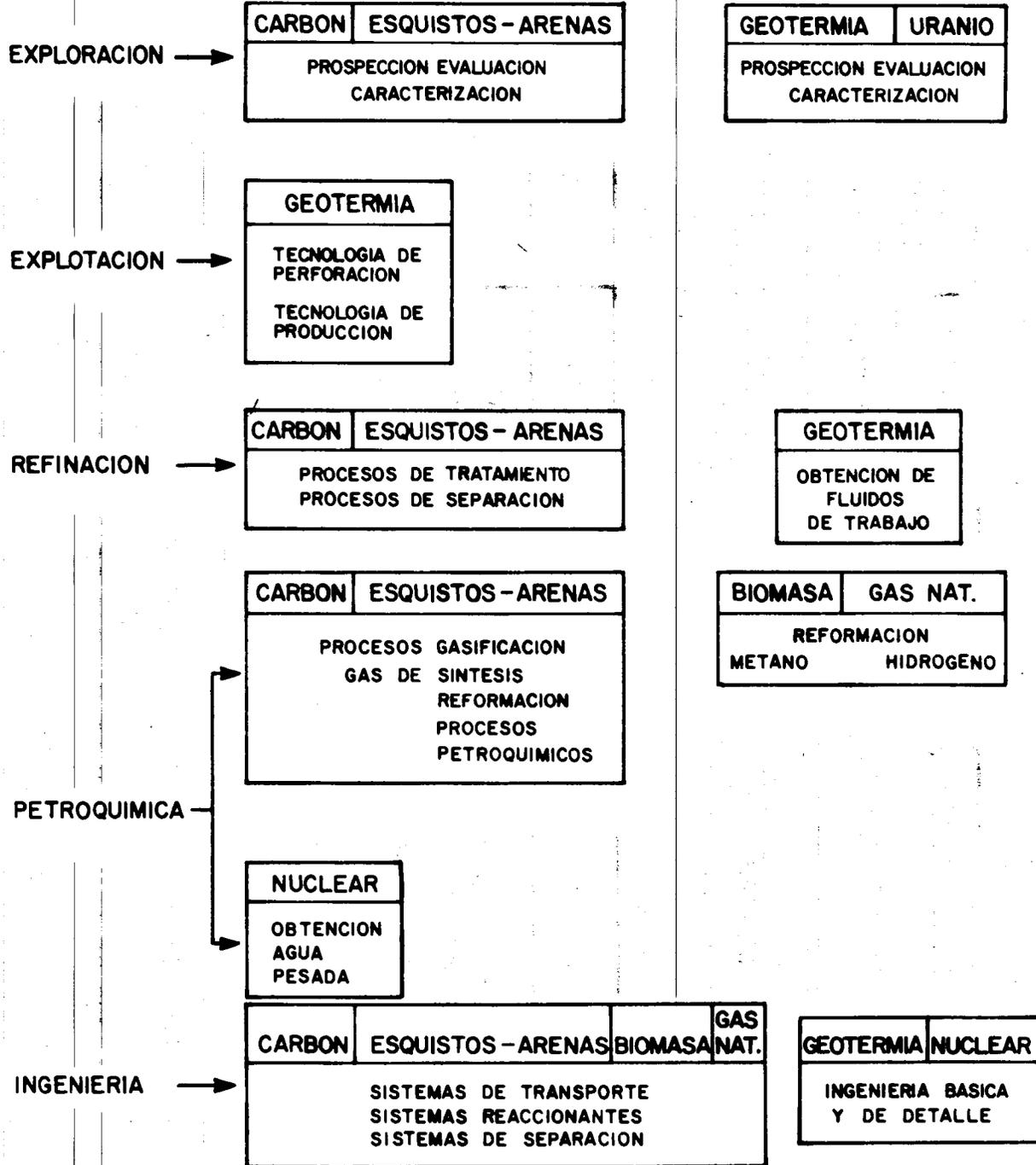


Diagrama 2

TERCERA SESION: ENERGETICOS DEL FUTURO

TERCERA SESION: ENERGETICOS DEL FUTURO

**POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL USO DE LAS
PLANTAS SOLARES PARA LA GENERACION ELECTRICA
EN GRANDES CANTIDADES**
Dr. Jorge M. Huacuz V.

119

**IMPLICACIONES AMBIENTALES DEL APROVECHAMIENTO
DE LA BIOMASA**
M. en C. Ana María Martínez Leal

131

ALGUNOS PROBLEMAS DE LA EVALUACION DE FUENTES DE ENERGIA
Dr. Bruno de Vecchi

137

**POSIBLES IMPLICACIONES PARA LA SALUD
DERIVADAS DEL USO DE LOS ENERGETICOS**
Dra. Cristina Cortinas de Nava
Dr. Javier Espinosa Aguirre

143

**TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO
DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA**
Dra. Eugenia J. Olguín Palacios

157

POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL USO DE LAS PLANTAS SOLARES PARA LA GENERACION ELECTRICA EN GRANDES CANTIDADES

Dr. Jorge M. Huacuz V.
Instituto de Investigaciones Eléctricas

INTRODUCCION

Aún cuando el sol emite energía de alta densidad y en forma continua, la energía que llega a la tierra lo hace en forma diluida e intermitente. Por lo tanto, para poder utilizarla en forma periódica, dentro de nuestros esquemas sociales, la energía solar tiene que ser primero captada y almacenada. Todos los métodos "artificiales" para captar la energía solar y convertirla en electricidad de manera continua representan posibles impactos sobre el medio ambiente. Los impactos ambientales de cada una de las tecnologías, dependerán tanto de la magnitud como de la intensidad de su uso. Algunos impactos serán positivos, como el abatimiento del CO₂ en la atmósfera al sustituir a los combustibles fósiles; pero otros serán negativos, como el desecho de los subproductos de la manufactura de celdas fotovoltaicas. En el presente trabajo se hace una breve síntesis de los impactos ambientales que podrían derivarse del uso de la energía solar para la producción de electricidad a gran escala. Se concluye que existe relativamente poca información al respecto y que en algunos casos el uso de esta fuente de energía podría resultar más atractivo por sus beneficios ambientales que por sus beneficios puramente económicos, sobre todo cuando se consideran los ciclos completos de los combustibles y la energía secundaria para la producción de los equipos.

METODOS PARA CONVERTIR LA ENERGIA SOLAR

Se han propuesto una variedad de métodos para convertir la energía solar en electricidad. En la Figura 1, se resumen los distintos procesos existentes y se muestra la relación que existe entre ellos.

El primer paso en todos los procesos, es el captador solar. Este captador puede clasificarse como natural o artifi-

cial. En el presente trabajo sólo los captadores artificiales serán considerados. Los esquemas básicos para el uso de captadores solares artificiales son: la conversión térmica y la conversión fotovoltaica de energía solar. En el proceso de conversión térmica, la energía solar es captada y convertida en calor, el cual se transmite a un fluido de trabajo que se utiliza en un ciclo termodinámico para generar energía mecánica y, en última instancia, electricidad. En el proceso fotovoltaico, la energía solar es convertida directamente a electricidad por medio de dispositivos de estado sólido. Para plantas generadoras de gran capacidad, se requieren superficies captadoras de gran tamaño. Por lo general, también se requieren dispositivos para el almacenamiento de una parte de la energía para operar el sistema cuando no hay radiación solar. Las plantas generadoras con energía solar son por lo general intensivas en el uso de capital. Aún cuando los costos de combustible pueden ser nulos para plantas autónomas, es necesario mantener los costos de capital para la construcción de la planta lo suficientemente bajos a fin de que la electricidad producida con las plantas solares sea económicamente competitiva con la producida por otro tipo de plantas.

Existen otros usos de la energía solar, asociados con otros procesos de conversión y almacenamiento, distintas escalas tecnológicas y sistemas descentralizados, pero no serán considerados en este trabajo.

COSTO - BENEFICIO DE LAS PLANTAS SOLARES

Los beneficios derivados del uso de plantas solares serán reales y sustanciales. El beneficio obvio es que una fuente de energía abundante y sin costo se sumaría a los recursos energéticos de la humanidad. El uso de esta tecnología también reduciría la tasa a la cual se consumen los combustibles fósiles; a

su vez podría desplazar el uso del petróleo en ciertas áreas y ayudaría a mitigar los problemas de contaminación de la atmósfera.

Entre los principales costos de las plantas solares se encuentran los costos económicos de construcción. Los principales componentes de estas plantas son el campo colector, el almacén de energía y el subsistema de generación eléctrica. De los tres, el campo colector es el más caro, representando alrededor del 50% del costo total de la planta. No existen aún datos confiables sobre los costos de operación y mantenimiento de este tipo de plantas, pero se estima que en el peor de los casos éstos serán del mismo orden que los correspondientes a plantas generadoras de otros tipos.

Todas las plantas solares requieren de una gran área de terreno con un mínimo de sombras para su construcción. Las plantas para la generación eléctrica en gran escala serán construidas en zonas desérticas y los impactos sobre la sociedad serían similares a los derivados de cualquier otra construcción en gran escala. Las comunidades locales serían severamente afectadas durante la construcción de la planta, pero seguramente no en proporciones mayores que con otros tipos de plantas.

El uso de las plantas solares a gran escala alteraría de alguna forma la estructura de precios o la disponibilidad de ciertas materias primas. Las cantidades de materiales requeridos por esas plantas pueden llegar a ser tan grandes que el precio de los materiales para otros usos podría incrementarse, se requerirían más instalaciones para su fabricación, o habría necesidad de sacrificar algunas de las aplicaciones alternativas de los materiales. Por ejemplo, si las celdas de sulfuro de cadmio se llegaran a utilizar en gran escala, se verían afectados severamente los costos del cadmio en el mercado. En la actualidad, el cadmio se utiliza con otros propósitos como el plateado y la construcción de baterías, y un incremento en los precios del cadmio causaría que el precio de muchos otros productos se incrementara. La manufactura, uso y desecho de celdas de sulfuro de cadmio deberá tomar en cuenta la naturaleza tóxica del material, con medidas estrictas para evitar que el elemento se libere hacia el medio ambiente.

A pesar de sus costos, el uso en escala verdaderamente masiva de la energía solar deberá tener efectos importantes al reducir la contaminación, y en

muchos costos indirectos tales como los problemas respiratorios, la corrosión, etc.

IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS PLANTAS SOLARES

Los impactos ambientales de las plantas solares dependen de varios factores, algunos de los cuales se señalan en la Tabla I. Estos impactos pueden categorizarse como se hace en la Tabla II, con objeto de determinar las áreas más problemáticas del uso de estas tecnologías. En la Figura 2 se da el diagrama lógico que ha de seguirse para llevar a cabo el análisis de los impactos que pueden esperarse del uso de la energía solar. Algunos de los impactos más evidentes incluyen los siguientes:

- **Agua:** en los sitios más adecuados para la construcción de las plantas puede ser necesario el uso de torres secas de enfriamiento ya que el agua puede ser muy escasa o muy costosa. Sin embargo, si hay agua disponible y se utiliza en los condensadores, el consumo de agua en una planta solar puede llegar a ser mayor que para plantas convencionales por las menores eficiencias involucradas. Dependiendo del fluido de trabajo utilizado en el ciclo termodinámico o en el receptor, una fuga de cualquiera de las líneas podría causar contaminación.
- **Aire:** normalmente una planta solar no emite partículas o gases, y no se agregan contaminantes al agua. Aparte de los efectos locales causados por las torres de enfriamiento en las plantas fototérmicas, no se esperan efectos atmosféricos adversos, a excepción del caso de los estanques solares que modificarían el contenido de humedad de la atmósfera.
- **Terreno:** actualmente, las áreas de terreno donde con mayor probabilidad se instalarían las plantas solares, soportan ecosistemas nativos y tienen algún valor estético. En los lugares donde cae algo de lluvia, puede haber pastizales y algo de pastoreo, actividades y sistemas que se verían afectados de algún modo.

El desarrollo de grandes plantas requerirá la construcción de carreteras, la nivelación y el relleno del área para los colectores, y en general, propor

cionar acceso para los vehículos. Este proceso implicará el remover grandes áreas de terreno superficial y la destrucción de muchos ecosistemas locales. La presencia de muchos colectores cubriendo la mitad de la superficie de un área dada alteraría apreciablemente las condiciones del viento superficial y se alteraría el equilibrio ecológico con resultados difíciles de predecir en estos momentos.

Otros efectos de las plantas solares incluyen los aspectos estéticos, los efectos sociales, accidentes, la productividad total a corto y largo plazo en las comunidades, el uso de recursos, y los efectos sobre las condiciones climáticas locales.

En la Tabla III, se presenta un resumen del uso de los recursos en plantas solares y se comparan con otras alternativas convencionales. Se puede apreciar que, aún cuando las plantas solares son intensivas en el uso de terreno, éste es comparable con el uso de terreno en plantas nucleares y carboeléctricas cuando se incluye el área de terreno requerida para el minado del material combustible y para colocar las líneas de transmisión. Las plantas solares acusan un determinado uso de combustible pues se trata de plantas con un determinado respaldo.

En la Tabla IV, se da una relación de los residuos y desechos provenientes de distintos tipos de plantas. Como puede observarse, las plantas solares son en general más benignas que las otras alternativas. Debe tomarse en cuenta que en algunos casos se consideran también los desechos provenientes del ciclo de combustible y de los procesos de fabricación de los equipos.

En la Tabla V, se presentan los im-

pactos sobre la salud en varias etapas de los sistemas solares de generación eléctrica. Los datos se dan en cifras de Personas Días Perdidos (PDP), 6,000 PDP equivalen a una muerte. Las plantas solares, al igual que en los análisis de las Tablas anteriores, incluyen un 10% de respaldo con carbón en su segunda alternativa.

Las Tablas III, IV y V fueron tomadas de Caputo¹. En las Tablas VI, VII y VIII se resumen algunos de los efectos potenciales de las plantas solares durante sus etapas de construcción y operación.

CONCLUSIONES

Las plantas solares para la generación eléctrica en grandes cantidades, representan riesgos de impacto ambiental más significativos que otros tipos de aplicaciones de la energía solar, por efectos de su escala. Estos impactos pueden ser positivos o negativos y deberán tomarse en cuenta en el proceso de selección de las alternativas energéticas del sector eléctrico. Se presentan algunos datos preliminares de estos impactos, tomados de la literatura. Dada la etapa en que se encuentra la tecnología a nivel mundial (planta piloto) todavía es difícil obtener conclusiones definitivas respecto al balance de los impactos ambientales de esta tecnología y su comparación con otras tecnologías.

REFERENCIAS

1. Caputo, R., Solar Thermal-Electric Power Systems, Capítulo 20 en: Solar Energy Handbook, Kreider and Kreith, Eds., McGraw-Hill, 1981.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

- P. Considerando que el uso de la energía solar resulta económicamente poco factible para su aplicación en las comunidades rurales de nuestro país, ¿qué alternativas para su utilización existen para aquellas poblaciones cuyo único recurso en exceso es precisamente la energía solar?
- R. No sé de que cifras disponga la persona que hace la pregunta en cuanto a la viabilidad económica de las al-

ternativas solares en comunidades rurales. Es poco preciso decir, si es o no es poco económico, ya que esto depende de una serie de factores. Estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, indican que ciertas tecnologías (eólica, biogas, estanques solares, etc.) com-
piten económicamente cuando las comunidades se encuentran a siete kilómetros o más de las redes de distribución, entonces, el que sea económica

mente competitiva o no, depende de una serie de factores y lo que se podría decir es que sí existen alternativas solares para las zonas rurales y, que la tecnología específica va a depender mucho de la localización de la comunidad y del uso que se pretende dar a la energía en esa comunidad.

- P. ¿Cuenta usted o recuerda datos económicos comparativos de los costos de construcción y operación de instalaciones de energía solar industrial, contra las instalaciones termoeléctricas, mide peso por kilowatt-hora construcción, peso kilowatt-hora operación?
- R. La pregunta es bastante exhaustiva, en el caso de la planta de 10 megawatts instalada en California, el costo fue del orden de \$14,000.00 dólares por kilowatt instalado, el del kilowatt-hora producido por esa planta no lo sé y creo que nadie fuera de las compañías que están ahí, lo saben en este momento. Hay otras tecnologías, como es el caso del estanque solar, en que los costos son mucho más bajos, del orden de \$1,500.00 a \$3,000.00 dólares por kilowatt instalado, y evidentemente con costos menores de electricidad producida, las cifras del costo de electricidad no las recuerdo sinceramente. Por otro lado, en el caso fotovoltaico está costando alrededor de 13 dólares el kilowatt instalado a pequeña escala, y en gran escala, como las plantas que hay en California de megawatts de capacidad, estamos hablando ya del orden de \$8.00 a \$10.00 dólares por watt instalado.
- P. ¿Cómo funcionaría la planta de energía solar durante la noche, o bien durante períodos de escasa intensidad de luz solar y días nublados?, ¿tienen forma de almacenamiento?, ¿cuánto tiempo duraría?
- R. Si estamos produciendo energía eléctrica directamente, como es el caso de las celdas fotovoltaicas, habría que almacenar electricidad, lo cual es muy poco económico y es una opción, que a menos que los sistemas sean muy pequeños, como es el caso de sistemas rurales para comunicación, se opta por ella. En el caso de los sistemas térmicos se almacena calor. La planta de 10 megawatts tiene un sistema de almacenaje que uti-

liza rocas y aceite y almacena calor para extender la operación de la planta en horas fuera de sol o para absorber intermitencias, etc. En principio se puede almacenar para operar toda la noche, pero son factores económicos los que limitan la capacidad de almacenaje de estas plantas, no factores técnicos. Estudios que se han realizado demuestran que plantas que operen 18 horas al día, esto es seis a ocho horas de sol más 10 horas de almacenamiento, son las plantas que en un momento dado representarían la mejor economía, entonces, las plantas solares de ninguna manera se contemplan como plantas de operación en base, sino más bien como seguimiento de carga o de pico como se indicaba hoy en la mañana. El estanque solar es una excepción a todas estas tecnologías, éste es un captador de energía solar a base de agua y sales, el agua tiene una capacidad calorífica muy alta y de hecho es la única tecnología que tiene integrado un almacén, es captador y almacén, y con esto podemos operar el modo base a costos realmente bajos.

- P. ¿Hasta que punto es rentable el uso de la energía solar para la generación eléctrica?, ya que de lo que usted expuso, se puede notar que los costos de operación y uso de materiales son altos.
- R. En el aspecto de la generación eléctrica, lo importante es el costo de la electricidad, esto es, el costo del kilowatt-hora entregado al usuario y si lo vemos desde el punto de vista económico, la inversión que una planta solar requiere es mucho más alta que la de una planta convencional, no podemos hacer comparaciones directas en este momento, puesto que estamos hablando en el mejor de los casos de plantas solares a nivel piloto, cuyos costos no son de ninguna manera comparables con lo que serían a nivel comercial. Los costos dependen de muchos factores, las plantas solares son intensivas en el uso de capital para su construcción y tienen la ventaja de no tener costos energéticos, la única incertidumbre, está en los costos de operación y mantenimiento, porque no hay un historial de la experiencia en operación de esas grandes plantas, por lo demás, creo que se conoce bastante bien la inversión.

TABLA I
ENERGIA SOLAR
FACTORES QUE DETERMINAN LOS IMPACTOS AMBIENTALES

IMPACTOS AMBIENTALES DEPENDEN DE:

- TIPO DE PROCESO DE CONVERSION
- ESCALA DE LA APLICACION
- TIPO DE SISTEMA
 - CENTRALIZADO
 - DISPERSO
- MAGNITUD E INTENSIDAD DE LA APLICACION
- RUTA TECNOLOGICA
 - CONVERSION DIRECTA
 - CONVERSION INDIRECTA
 - TEMPERATURA DE OPERACION

TABLA II
ENERGIA SOLAR
CATEGORIAS DE IMPACTOS

- o USO ENERGETICO (tipo, cantidad, precio)
- o USO DE MATERIALES (tipo, cantidad, precio)
- o ACTIVIDAD INDUSTRIAL - TOTAL Y POR SECTOR
 - CAMBIO NETO EMPLEOS
 - CAMBIO NETO PRODUCCION
- o IMPACTOS AMBIENTALES
 - NIVELES DESCARGA CONTAMINANTES
 - CAMBIO CALIDAD DEL AMBIENTE
- o REQUERIMIENTOS CAPITAL
 - EN LA INDUSTRIA SOLAR
 - EN DISPOSITIVOS SOLARES
 - EN INDUSTRIA RELACIONADA

TABLA III
PLANTAS HELIOELECTRICAS
USO DE RECURSOS

R E C U R S O	CARBON	NUCLEAR	FOTOVOLTAICO	SOLAR TERMICO
TERRENO, M ² /MW _E -AÑO				
PLANTA Y CICLO COMBUSTIBLE	2000-4700	115	1000(75%)-2850(25%)	2000
TOTAL, INCLUYENDO LINEAS DE TRANSMISION	2250-5000	400-1100	1025-4350	2300-4000
AGUA				
10 ⁶ LITROS/MW _E -AÑO	0.5-9.2	1-24	0.6	0.9
MATERIALES DE CONSTRUCCION, TON/MW _E -AÑO				
CONCRETO	3	12.7	4.3	174
ACERO	3	2.3	-	39
OTROS METALES			55.7	2.2
VIDRIO			5	6.3
OTROS			-	82
COMBUSTIBLE, TON/MW _E -AÑO	3500	100	350	350
FUERZA DE TRABAJO HsHom/MW _E -AÑO	2640	1120	2700	14,400

TABLA IV
PLANTAS HELIOELECTRICAS
RESIDUOS Y DESECHOS DE CALOR

	CARBON	NUCLEAR	FOTOVOLTAICO	SOLAR TERMICO
° CALOR DE DESECHO, MW _E -AÑO/MW _E -AÑO	1.7	2.1	0.5-1.2	0.25
° RESIDUOS, TON/MW _E -AÑO				
- CONTAMINANTES DEL AGUA				
COD (DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO)	ND	ND	1.2	
OTROS SOLIDOS DISUELTOS	ND	ND	0.5	
SUSTANCIAS ORGANICAS	ND	ND	0.2	
ACIDOS	660-55000			
CARBON SUSPENDIDO	0-8			
LODOS	1.6-1.4			
NO RADIATIVOS		260-4230		
RADIATIVO, CURIES/MW _E -AÑO		0.1-4.5		
- CONTAMINANTES DEL AIRE				
PARTICULAS	4.8-44.9		11.2	5.7
NO _x	14.3-28.4	0.45		1.0
SO _x	12.1-41.9	1.2		
HIDROCARBUROS	0.8			
CO	0.6-2.4			0.2
ALDEHIDOS			0.2	
METALES TOXICOS	0.02			
RADIATIVOS, CURIES/MW _E -AÑO		4.7-600		
- CONTAMINANTES SOLIDOS				
NO RADIATIVOS	1875-2316	105-1000		
RADIATIVOS				
ALTO NIVEL		43-48		
BAJO NIVEL		1530		
NIVEL INTERMEDIO		30.7		
SOLIDOS ENTERRADOS, M ³ /MW _E -AÑO		0.24		
RESIDUOS, CURIES/MW _E -AÑO		0.01-0.02		

NOTA: Espacios en blanco corresponden a menos de 0.1 TON/MW_E-AÑO

TABLA V
PLANTAS HELIOELECTRICAS
IMPACTOS MAXIMOS SOBRE LA SALUD

ETAPA DEL SISTEMA	CARBON	NUCLEAR	FOTOVOLTAICO AUT-10% CARB	SOLAR TERMICO AUT-10% CARB
CICLO COMBUSTIBLE, PDP/MW _E -AÑO	200	15.6	0- 4.4	0- 4.4
CONSTRUCCION Y ADQUISICION DE MATERIALES, PDP/MW _E -AÑO	1	1.4	3- 4.4	7- 8
TOTAL, PDP/MW _E -AÑO	201	17.0	3- 9	7-13
MUERTES/PLANTA (30 AÑOS)	530	50	8-35	3-30

TABLA VI
PLANTAS HELIOELECTRICAS
EFFECTOS POTENCIALES DURANTE CONSTRUCCION

- DESPLAZAMIENTO Y/O REMOCION DE ALGUNAS PLANTAS Y ANIMALES
- PERTURBACION FISICA DEL HABITAT DE ALGUNAS PLANTAS Y ANIMALES
- GENERACION DE RUIDO
- GENERACION DE POLVO
- GENERACION DE CONTAMINANTES DEL AIRE
- INICIACION DE LOS MECANISMOS DE EROSION Y DEGRADAMIENTO DE SUELOS
- ALTERACION DE LAS TRAYECTORIAS HIDROLOGICAS EXISTENTES
- GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS
- CONSUMO DE RECURSOS NATURALES
- EXCLUSION DE OTROS USOS DEL TERRENO (Agricultura)
- INTERFERENCIA CON CARACTERISTICAS VISUALES DEL LUGAR
- ALTERACION DE CARACTERISTICAS PECULIARES DEL LUGAR
- INICIO DE CONDICIONES SOCIOECONOMICAS INESTABLES

TABLA VII
PLANTAS HELIOELECTRICAS
EFECTOS POTENCIALES DURANTE OPERACION

- ALTERACION CONTINUADA DEL HABITAT NATURAL
- GENERACION DE RUIDO
- GENERACION DE CONTAMINANTES DEL AIRE
- EFECTOS METEOROLOGICOS EN LAS AREAS INMEDIATAS
- EFECTOS METEOROLOGICOS EN LA MESOESCALA
- EFECTOS METEOROLOGICOS GLOBALES
- GENERACION DE CONTAMINANTES DEL AGUA
- GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS
- CONSUMO DE RECURSOS NATURALES
- EXCLUSION DE OTROS USOS DEL TERRENO
- ALTERACION DE CARACTERISTICAS PECULIARES DEL LUGAR
- INTERFERENCIA CON CARACTERISTICAS VISUALES DEL LUGAR
- CONTINUACION DE EFECTOS SOBRE CONDICIONES SOCIOECONOMICAS

TABLA VIII
PLANTAS HELIOELECTRICAS
EFECTOS ACCIDENTALES POTENCIALES

- ACCIDENTES DE TRANSITO OCASIONADOS POR EL DESTELLO DE LOS ESPEJOS
- COLISION DE APARATOS AEREOS CON LA TORRE DEL RECEPTOR
- ACCIDENTES AEREOS CAUSADOS POR VISIBILIDAD REDUCIDA CON LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO
- ACCIDENTES AEREOS CAUSADOS POR EL DESTELLO DE LOS ESPEJOS
- DAÑOS A LA RETINA CAUSADOS POR EL DESTELLO DE LOS ESPEJOS
- INCENDIOS U OTROS DAÑOS A PROPIEDADES CAUSADOS POR EFECTOS DE LOS ESPEJOS
- DAÑOS A TERRENOS AGRICOLAS CAUSADOS POR CONTAMINACION
- OTROS DAÑOS ACCIDENTALES RESULTANTES DE FALLAS EN LOS SISTEMAS DE LA PLANTA

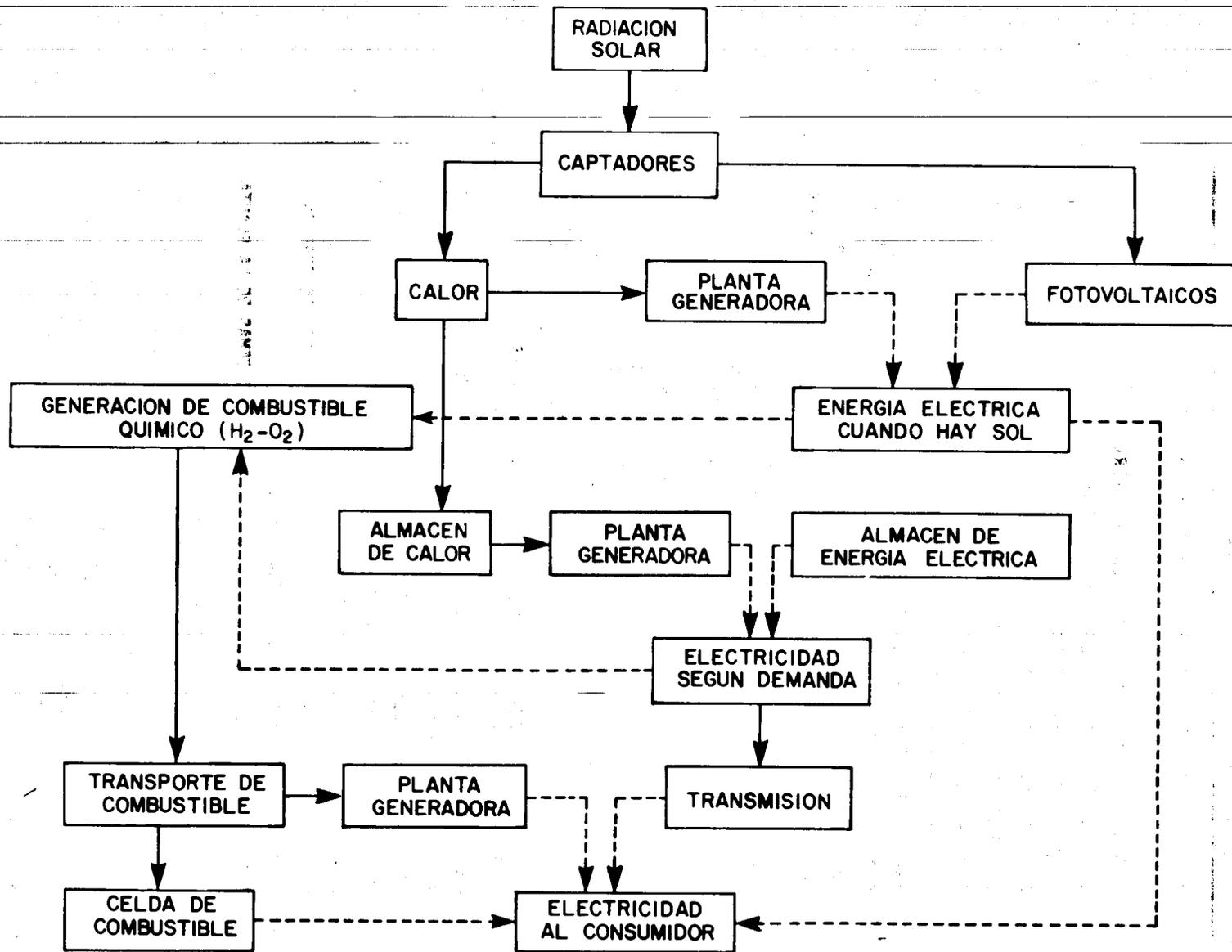


Figura 1. ESQUEMA DE CONVERSION DE LA ENERGIA SOLAR A ELECTRICIDAD

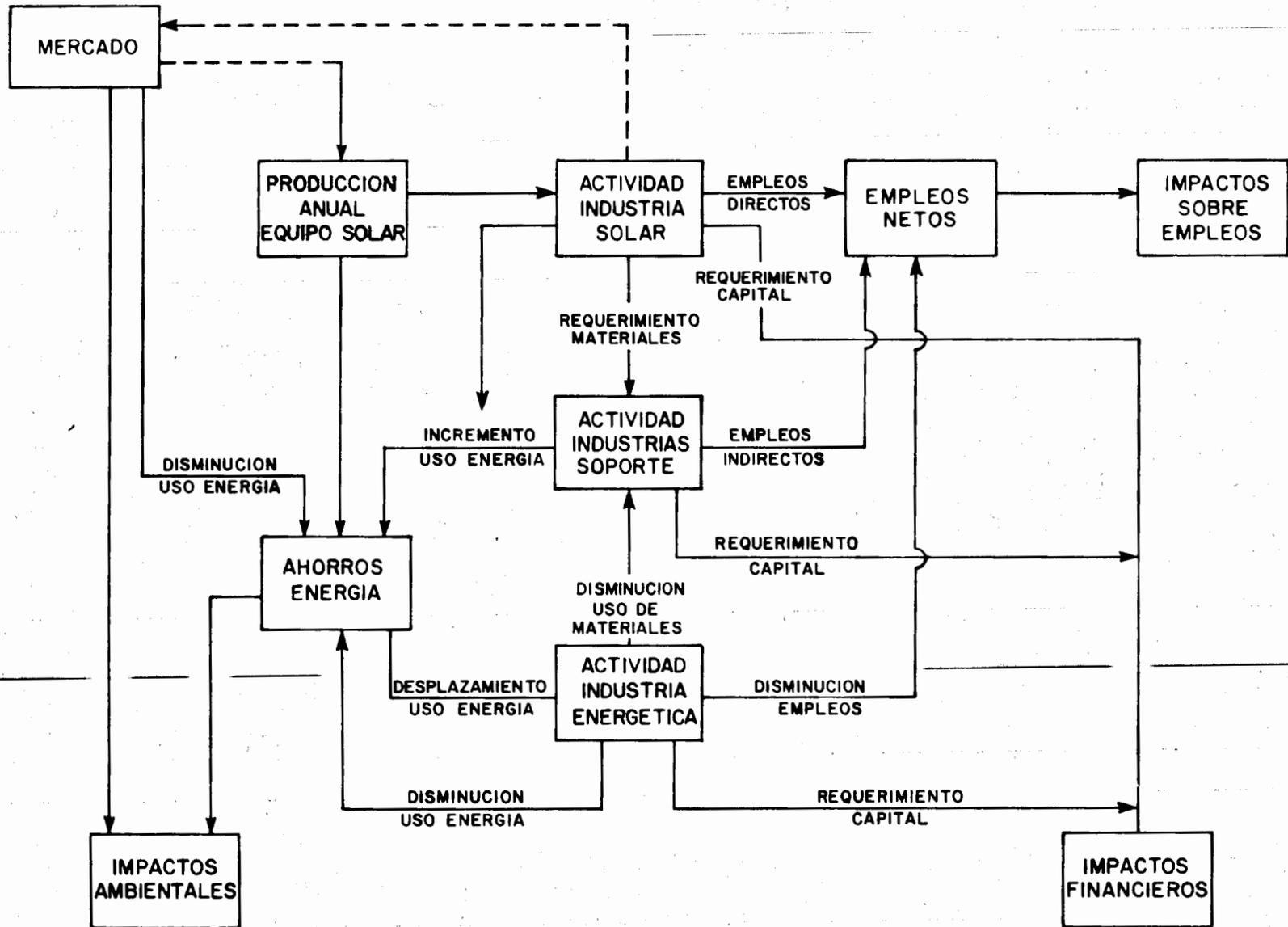


Figura 2. ANALISIS DE IMPACTOS DEL USO DE LA ENERGIA SOLAR (DIAGRAMA LOGICO)

IMPLICACIONES AMBIENTALES DEL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA

M. en C. Ana María Martínez Leal
Instituto de Investigaciones Eléctricas

La biomasa es toda la materia orgánica que puede aprovecharse para generar energía útil, y está formada por los árboles, arbustos, pastos, cultivos y plantas acuáticas, y por los residuos y desechos orgánicos, tanto forestales, agrícolas y animales, como los urbanos e industriales.

CICLO DEL CARBONO

Ya que la fotosíntesis es el proceso básico para la producción de biomasa, las plantas, en presencia de luz solar, convierten el CO_2 de la atmósfera en materia orgánica. A su vez, al destruirse la materia orgánica, ya sea por procesos naturales, combustión o transformación a otros productos, se produce CO_2 , el cual regresa a la atmósfera en lo que se conoce como el ciclo del Carbono. La totalidad del Carbono atmosférico se recicla a través de las plantas cada 300 años.

BIOXIDO DE CARBONO EN LA ATMOSFERA

La liberación de CO_2 de la biosfera debido a la combustión de leña, a la deforestación (lo que ha disminuido la biomasa terrestre en un 7%) y a la oxidación del humus o materia orgánica del suelo, se produce en cantidades mayores que la fijación de CO_2 por fotosíntesis, con lo que la cantidad de CO_2 en la atmósfera se ha venido incrementando al paso del tiempo.

Otra fuente de incremento del CO_2 atmosférico, y que según Stuiver¹, el factor dominante de este incremento, es la combustión de combustibles fósiles, con lo que se genera una cantidad adicional de CO_2 que no forma parte del ciclo del Carbono y una parte del cual se acumula en la atmósfera (Figura 1).

En los últimos 125 años, la concentración de CO_2 en el aire ha aumentado de 268 ppm a 334 ppm, o sea, un incremento del 25% ó 0.5 ppm de CO_2 por año².

El uso actual de combustibles fósiles es de unos 5,000 millones de toneladas anuales de carbono, lo que incrementaría el contenido de CO_2 en el aire en unas 2.4 ppm al año si todo este CO_2 se acumulara en la atmósfera. Sin embargo, las mediciones del aumento anual muestran que éste corresponde a 1 ppm, por lo que el resto aparentemente se absorbe en los océanos.

Se ha postulado que el aumento del CO_2 atmosférico tendrá serias consecuencias sobre el clima de la tierra. Una duplicación del nivel de CO_2 en el aire en la época pre-industrial, hasta niveles de 540-590 ppm, aumentaría la temperatura global de la atmósfera en unos 3°C, con aumentos de 6 a 7°C en los polos y sólo 1°C en el ecuador. Habría además un aumento global de la precipitación pluvial de un 7% sobre todo en las altas latitudes, que se tornarían más húmedas, mientras que las latitudes bajas se volverían más secas. Si estos modelos climáticos son correctos, el aumento de CO_2 en la atmósfera resultaría en cambios profundos de los patrones de la vegetación, desertificación y agricultura.

Siegenthaler y Oeschger³ han estimado que para evitar que el contenido de CO_2 en la atmósfera sobrepase de un nivel 50% mayor que los niveles pre-industriales, podríamos seguir quemando combustibles fósiles, a la tasa actual, hasta finales del presente siglo, pero para entonces "una parte sustancial de la producción global de energía deberá provenir de nuevas tecnologías". Con este escenario, el aumento global de temperatura sería de "solamente" 1 a 2°C, sin consecuencias climatológicas demasiado desastrosas. Si estas premisas son correctas, "en los próximos siglos sólo podremos quemar aproximadamente un 10% de las reservas conocidas de combustibles fósiles".

Resulta evidente la urgencia con que se habrán de implementar dos tipos de acciones: la primera consiste en evitar la reducción de las superficies forestales, sobre todo de las selvas tropica-

les, reducir la quema indiscriminada de leña, y detener la desertificación; ya que la sustitución de las superficies arboladas primarias por cultivos agrícolas y bosques secundarios resulta en una productividad mucho menor y por lo tanto menor almacenamiento de carbono como biomasa y aumento del CO₂ atmosférico. La segunda acción implica la sustitución de los combustibles fósiles por otras fuentes de energía que no produzcan perturbación del ciclo del carbono en la naturaleza, tales como la energía solar.

BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGIA

Entre las formas de aprovechamiento de la energía solar se tiene a la biomasa, como se señaló al principio, las plantas están diseñadas para capturar radiación solar difusa e intermitente, a través de la fotosíntesis y almacenarla para uso posterior. Es por esto que se vienen realizando esfuerzos importantes para emplear la biomasa como fuente de energía.

Las fuentes más importantes de biomasa, además de la leña, y que resultan más atractivas para su aprovechamiento energético, son los residuos y desechos orgánicos, como los residuos agrícolas, la basura y aguas negras urbanas, los estiércoles animales y los desechos agroindustriales, forestales e industriales, sobre todo los de la industria alimenticia. La disposición de la mayor parte de estos residuos presenta fuertes problemas de contaminación ambiental, dada su alta demanda biológica de oxígeno.

Cualquier tratamiento de estos materiales de desecho con fines de control de la contaminación, presenta la opción de su aprovechamiento con fines de generación de energía, ya sea por métodos biológicos o termoquímicos. El CO₂ resultante de la combustión directa de estos residuos o de los productos derivados de ellos, por formar parte del ciclo del Carbono, no incrementan el contenido de este elemento dentro de su ciclo natural. Los otros residuos de estos procesos, o son materia inorgánica como las cenizas de la combustión, o materia orgánica estabilizada, con una demanda biológica de oxígeno mucho menor que la de los desechos originales. Por lo tanto, el aprovechamiento energético de la biomasa a partir de desechos y residuos orgánicos, no sólo no presenta problemas ambientales, sino que contribuye al control de la contaminación causada por estos productos.

Otras fuentes de biomasa que se han venido considerando, además de los desechos orgánicos, son los cultivos con fines de producción de energía, tales como los árboles de rápido crecimiento, las plantas acuáticas, plantaciones de caña de azúcar para producir alcohol carburante y algunas plantas productoras de hidrocarburos.

PROCESOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA

En general, el estado físico de los desechos a tratar y sobre todo su contenido de humedad, determinan el proceso más apropiado para su aprovechamiento. Los materiales con alto contenido de humedad, como las aguas negras, los desechos de la industria alimenticia y los estiércoles, generalmente son tratados por métodos biológicos como la biometañación para producir metano. Los materiales con poca humedad, en general se someten a procesos termoquímicos como la combustión, gasificación o pirólisis para producir vapor o combustibles líquidos, sólidos o gaseosos.

En la reunión sobre "Tecnologías Energéticas del Futuro" organizada por el Programa Universitario de Energía de la UNAM en marzo de 1983, se presentó un trabajo donde se discuten los diversos procesos de aprovechamiento de la biomasa⁴, los que junto con sus productos se resumen en el Cuadro I, tomado del trabajo de Hall².

Prácticamente todas las tecnologías de conversión de biomasa indicadas en el Cuadro I están disponibles comercialmente, y su competitividad económica dependerá de los diferentes residuos a utilizarse y de las condiciones particulares de cada caso, teniendo en cuenta el potencial de estos procesos para reducir la contaminación ambiental y su beneficio asociado.

CONCLUSIONES

El incremento del contenido de CO₂ en la atmósfera causado por la combustión de combustibles fósiles, con las consecuentes perturbaciones climáticas que se podrían producir en un futuro no muy lejano, implica la búsqueda de otras fuentes de energía que no produzcan perturbaciones del ciclo natural del carbono, tales como la biomasa.

Las fuentes de biomasa que resultan más atractivas para su aprovechamiento

energético, son los residuos y desechos orgánicos, cuya disposición presenta fuertes problemas de contaminación ambiental. Cualquier tratamiento de estos materiales de desecho con fines de control de la contaminación, presenta la opción de su aprovechamiento para generar energía útil.

El aprovechamiento energético de la biomasa a partir de desechos y residuos orgánicos, no sólo no presenta problemas ambientales, sino que contribuye al control de la contaminación causada por esos productos.

REFERENCIAS

1. Stuiver, M., Science, 199, 253-258, 1978.
2. Hall, D.O., Solar Energy, 22, 307-328, 1979.
3. Siegenthaler, U. y H. Oeschger, Science, 199, 388-395, 1978.
4. Martínez, A.M., Tecnologías Energéticas del Futuro, Programa Universitario de Energía, U.N.A.M., 93-109, 1983.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Su planteamiento implica que el consumo de O₂ es menor al usar la biomasa como generador de energía, que al descomponerse aeróbicamente esta biomasa?

R. No, de ninguna manera, la oxidación final del carbono ya sea mediante algún proceso de recuperación de energía, consume una cantidad de oxígeno exactamente igual a la descomposición atmosférica de este residuo. Mi planteamiento era que al estar haciendo uso de desechos y residuos que están ahí contaminando, al proceder a su tratamiento para evitar la contaminación, se presenta inmediatamente la opción de incorporar a éste una recuperación de energía y es por eso que la generación misma de energía no es un factor contaminante sino que va asociado al tratamiento de los desechos para evitar la contaminación.

P. Respecto al aprovechamiento de la biomasa parece que sólo se ha hecho a nivel experimental ¿existen actualmente aprovechamientos de la biomasa a otro nivel?

R. Si desde luego, en México los únicos ejemplos que tenemos de aprovechamiento a nivel industrial son los ingenios azucareros, donde tradicionalmente se ha venido quemando el bagazo para generar una fracción de la energía que se consume en el ingenio. En algunas fábricas de papel, hacen uso de la combustión de licores de la digestión de la madera para la producción de pasta celulósica. A nivel mundial hay muchísimos ejemplos, los de más tradición son las plantas de tratamiento de aguas negras, en

las cuales se incorpora un paso anaeróbico, las aguas negras entran a la planta y se someten a un proceso aeróbico en el cual uno de los pasos en la sedimentación precipita los que son desviados hacia un tratamiento anaeróbico, igual que se procesa el estiércol y residuos de la industria alimenticia y demás por un tratamiento de fermentación anaeróbica, esto se hace en las plantas de tratamiento de aguas negras y se generan cantidades de energía que satisfacen todas las necesidades de la planta y normalmente producen excedente. Este es de los procesos más tradicionales, en los últimos años se han desarrollado muchísimas otras aplicaciones, notablemente en las plantas procesadoras de basura en las ciudades. La opción que más se ha usado es la combustión directa, es decir, se quema la basura con recuperación de calor. En la Ciudad de México, la planta de tratamiento de basura no recupera este calor, ya que está consumiendo energía para realizar el tratamiento de basura. En otras instalaciones se tratan unas tres mil toneladas diarias de basura, recuperando el calor generado y produciendo vapor para generación eléctrica, esta es una opción que se está difundiendo rápidamente. Dentro de los tratamientos anaeróbicos, también podemos mencionar los procesos de binasas, un ejemplo, lo constituye la planta Bacardí en Puerto Rico, la cual tiene un enorme reactor y un filtro anaeróbico para procesar sus binasas, con una capacidad de 60,000 galones, con este tratamiento están produciendo energía para cubrir más del 60% de las necesidades energéticas de la destilación del alcohol que consume

una enorme cantidad de energía y como éste, hay varios otros ejemplos.

- P. ¿Cuál es la mayor o mejor aplicación práctica del sistema biomasa de que tengamos noticia? ¿cuál es el experimento más promisorio?
- R. La variedad de procesos para tratamiento de biomasa es muy amplia, por el momento la mejor opción está en el aprovechamiento de los residuos, tales como: basura, desechos industriales tipo binasas, desechos de industrias alimenticias, desechos forestales, residuos del bosque, etc. Considero que a largo plazo la opción está en la incorporación de cultivos energéticos a los esquemas de generación y recuperación.
- P. ¿Cuál es el tiempo total que transcurre para obtener gas por medio de biomasa?, ¿cuál es el tiempo necesario para obtener el combustible utilizado, con respecto al tiempo de formación de gas en los yacimientos de hidrocarburos? y ¿cuál es el porcentaje de conversión?
- R. La generación de gas a partir de la biomasa se puede realizar por métodos termoquímicos, procesos de gasificación o de pirólisis y esto es un proceso inmediato, es un horno de gasificación que está siendo alimentado con biomasa en forma continua y está generando gas en la misma forma. Los procesos biológicos de fermentación, al igual que los termoquímicos, son muy dependientes de las condiciones. Un digestor sin control de tem-

peratura y sin agitación, utiliza normalmente un tiempo de retención de la materia orgánica del orden de 30 a 60 días. En cambio, el sistema de pips anaeróbicos con temperatura controlada y demás, tiene tiempos de retenciones del orden de seis a ocho horas. Ahora ¿cómo se compara esto con el tiempo de formación de los hidrocarburos?. Considero que estamos hablando de procesos muy diferentes, la formación de la biomasa a través de la fotosíntesis, dependiendo de la especie de que se hable va desde unos meses para los cultivos alimenticios hasta 100 años o más en los grandes árboles. Entonces, aún cuando esto se incluya dentro del tiempo de formación de biomasa y producción de gas, no hay comparación con los tiempos requeridos para la formación de los hidrocarburos.

- P. ¿Qué sabe usted acerca del grado de corrosividad que se obtiene al producir la biomasa? ¿qué repercusiones se presentan al generar la energía?
- R. Supongo que se refiere a la corrosión. No creo que haya relación alguna con la producción de biomasa. En cuanto al uso si existen aspectos de corrosión, por ejemplo, en el biogas producido por fermentación existen siempre trazas de ácido sulfhídrico, los cuales finalmente pueden llevar a compuestos corrosivos. En la combustión directa, tenemos una serie de elementos corrosivos que habrá que tomar en cuenta, controlar y neutralizar, igual que se hace con cualquier otro combustible.

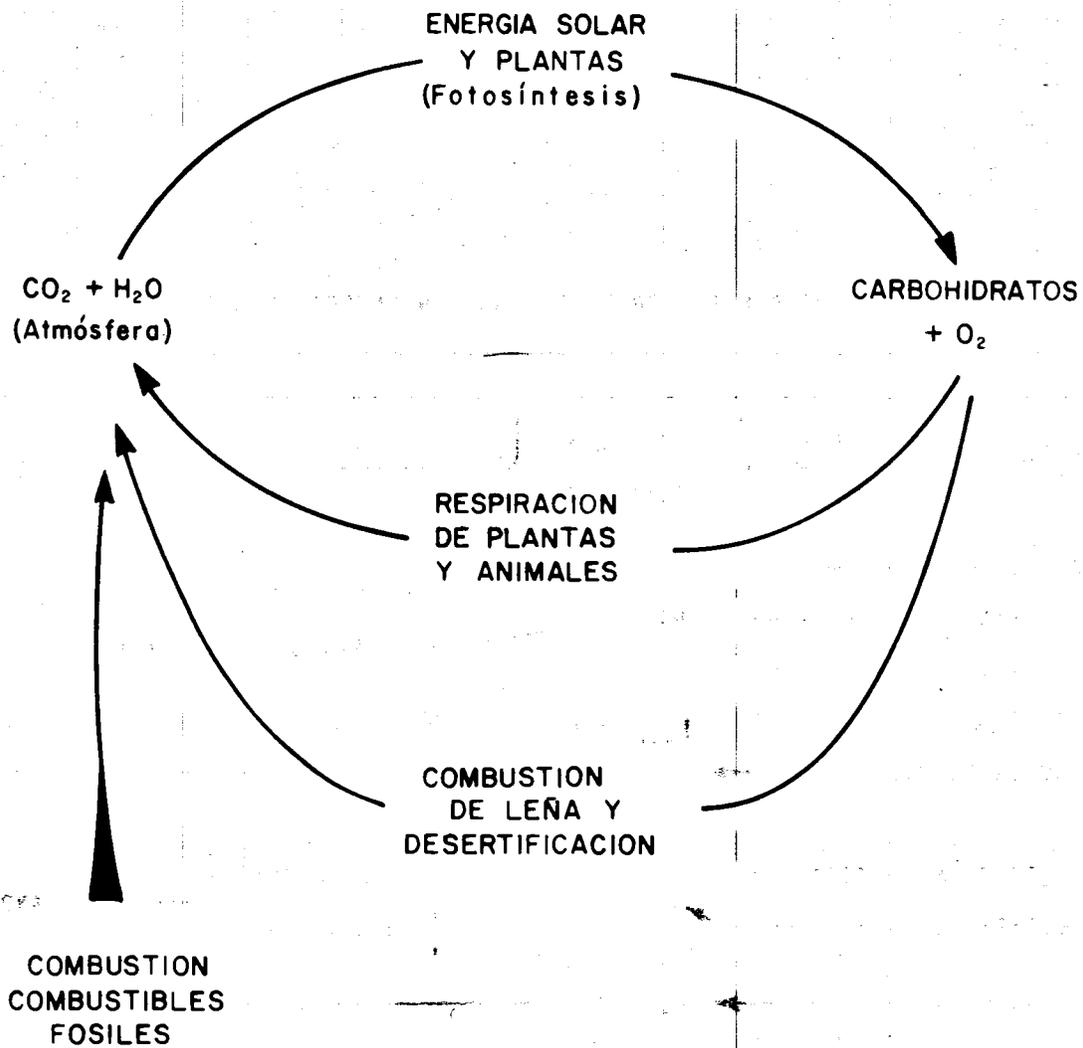
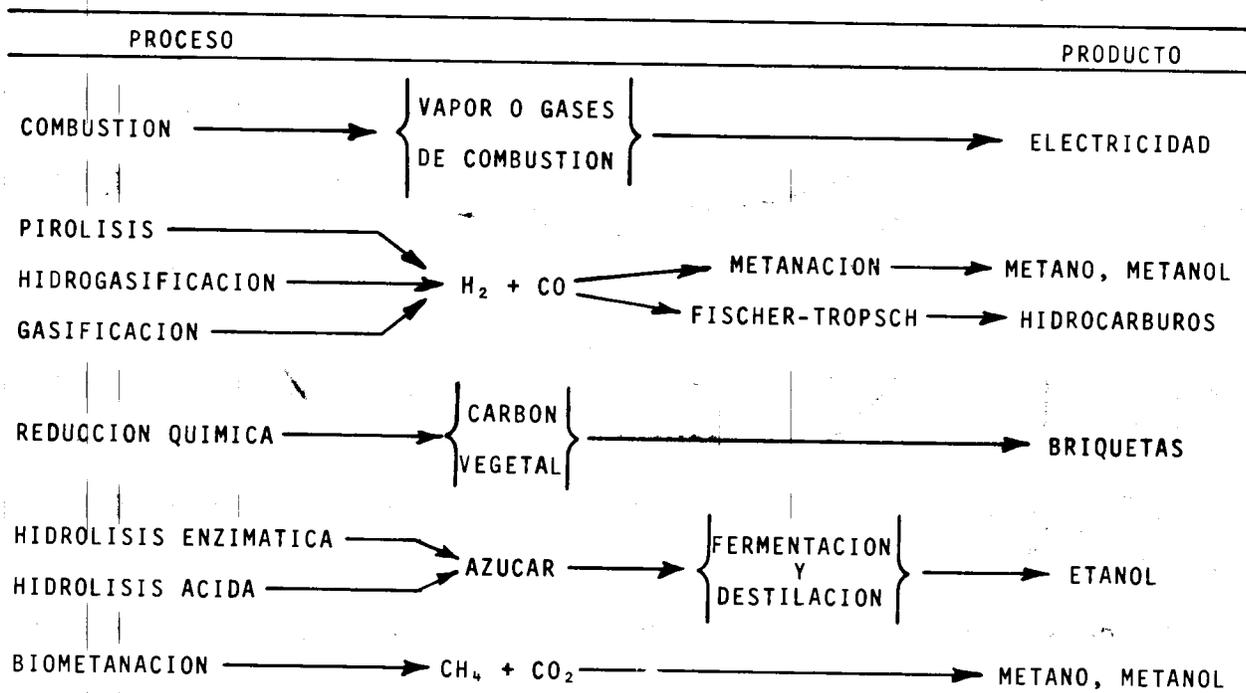


Figura 1. CICLO DEL CARBONO Y CO₂ EN LA ATMOSFERA

CUADRO I

PROCESOS PARA CONVERSION DE BIOMASA EN ENERGIA Y SUS PRODUCTOS²



ALGUNOS PROBLEMAS DE LA EVALUACION DE FUENTES DE ENERGIA

Dr. Bruno de Vecchi
Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias

Aún cuando desde hace tiempo existía interés y preocupación sobre ciertos efectos ambientales de algunas fuentes de energía, tales como el control de humo en las plantas termoeléctricas que queman carbón, lo que dió origen al empleo de precipitadores electrostáticos y al estudio para remover los compuestos de azufre de los gases de chimeneas, esta preocupación se centraba sólo en aspectos aislados del problema y se concentraba en las fuentes de energía convencionales.

A partir de la llamada crisis de energía de 1973, el interés en los efectos ambientales se acentuó, cuando se empezaron a promover fuentes que, aún cuando conocidas no habían recibido casi ningún desarrollo. Se empezó entonces a hablar ampliamente de energía solar, energía eólica, biomasa, geotermia, etc., y se empezaron a oír frases, que aún hoy se escuchan, de energías que son gratuitas, no contaminantes, seguras, etc. Esas frases eran parciales y lo eran en dos sentidos, en primer lugar porque trataban de resaltar las ventajas de las fuentes que cada quien prefería y en segundo lugar, porque no abarcaban la totalidad del aspecto que trataban, sino sólo una parte limitada del mismo, por ejemplo, al decir que la energía solar era gratuita se consideraba únicamente su llegada a la superficie de la tierra, pero se dejaba de mencionar el costo de las instalaciones para aprovecharla, las que la hacían inabarcable, sobre todo en la era de los combustibles baratos y que aún ahora que los combustibles son caros, limitan su aplicación a casos especiales.

Un primer acercamiento al problema del estudio global de las fuentes de energía, fue efectuado en 1978 por Inhaber¹, quien concentró su interés en el aspecto de los efectos ecológicos de la contaminación en los seres humanos y en los riesgos de la energía, pero abarcando todo el ciclo energético desde extracción u obtención del energético básico, transporte del mismo, construcción de la planta, incluyendo los efectos de la fabricación de los materiales

para la misma, operación y mantenimiento de la central, hasta la distribución final de la energía.

Dada la gran diversidad de usos finales de la energía, cuya consideración habría complicado enormemente el trabajo, Inhaber restringió su estudio sobre todo a la producción de energía eléctrica, seleccionando además, como parámetro de evaluación la relación días-hombre perdidos por megawatt-año producido.

Los resultados de su trabajo fueron sorprendentes ya que algunas de las fuentes de energía no convencionales mostraban riesgos comparables y aun mayores que los de las energías de los combustibles fósiles. Dos eran los responsables principales de esos resultados; en primer lugar, algunas de las fuentes requerían de grandes cantidades de materiales por unidad de energía, por ejemplo, para producir mediante energía solar concentrada por espejos sobre una torre, la misma cantidad de energía de una planta convencional de 1,000 MW, se requiere (en Estados Unidos) construir alrededor de 400,000 estructuras cada una llevando un espejo móvil de más o menos 60 metros cuadrados de superficie, es indudable que la producción de los materiales necesarios implica contaminación.

En segundo lugar, varias de las fuentes no convencionales son intermitentes y requieren sistemas de almacenamiento o de respaldo para su operación, cuya contribución al riesgo fue considerada por Inhaber.

También de alto riesgo resultó la energía hidráulica, esto puede parecer extraño, pues hay tendencia a considerarla una energía prácticamente sin problemas, pero no hay duda que presenta riesgos, casi todo el mundo recuerda el accidente de la central de Three Mile Island ocurrido hace cinco años y la gran preocupación que existió por las muertes que supuestamente podría haber causado, pero casi nadie recuerda que en el mismo año de 1979 falló una presa con un saldo de más de 15,000 muertos

(reales, no supuestos) y que se trataba de una presa moderna que había sido construída en 1972, con los criterios normales que se emplean aún hoy en día para este tipo de construcciones; la falla ocurrió el 11 de agosto de 1979 en la presa del río Manchu en la India, y arrasó la población de Morvi de 70,000 habitantes y otras 30 pequeñas poblaciones.

Un estudio como el de Inhaber tenía necesariamente un grado de incertidumbre elevado y así lo admitía su autor, pues la información necesaria para llevarlo a cabo distaba mucho de ser precisa y en muchos casos era difícil de interpretar o aún prácticamente inexistente.

El esfuerzo de Inhaber era encomiable, pero por supuesto recibió inmediatamente muchas críticas, especialmente de Holdren y asociados, quienes procedieron a desmenuzarlo en busca de errores, lo cual fue fácil; aún cuando en ocasiones ellos mismos los cometieron.

Una vez encontrados los errores procedieron a revisar el trabajo introduciendo sus propias consideraciones, dos son principalmente importantes.

Dijeron que no era correcto considerar el efecto causado por el equipo de respaldo, pues argumentaron que los equipos de energía solar, eólica, etc., se podían conectar a las redes existentes y éstas, sin más ni más, proporcionarían el respaldo necesario. El argumento a primera vista puede parecer correcto, pero requiere de análisis y puede ser objetado, dejo a ustedes el decidir si el argumento es válido o no, pero mi opinión personal es que el respaldo debe tomarse en cuenta en alguna forma, aunque podría ser menos drástica de lo que utiliza Inhaber.

No conforme con lo anterior, Holdren argumentó que la energía de algunas de las fuentes sería complementaria y que por lo tanto había que descontar las horas-hombre perdidas correspondientes a las energías que fueran substituídas, no voy a entrar a la discusión de la validez de este argumento, pero por lo menos, si lo fuera, habría que utilizarlo en forma indiscriminada y esto no lo hizo Holdren, de haberse usado este argumento en el caso de la energía nuclear, que indudablemente puede substituir a plantas que quemen carbón o petróleo, el resultado neto hubiera sido un ahorro de horas-hombre por megawatt-año.

El estudio de los trabajos de estos dos autores es interesante y permite sa-

car algunas conclusiones intermedias, en primer lugar debe reconocerse que en la evaluación de fuentes de energía deben considerarse todos los aspectos, desde la fuente misma de origen, hasta la entrega para su uso final y en segundo lugar que los resultados de los trabajos antes mencionados no pueden considerarse como definitivos y para llegar a resultados aceptables, hace falta disponer de más información, de ser posible con reducido margen de incertidumbre, pero sobre todo existe una necesidad imperiosa de que todo estudio serio de evaluación se lleve a cabo en forma más objetiva.

Pero por supuesto, el problema de evaluación no termina con lo antes expuesto, ya que sólo se consideró un aspecto de la contaminación y afectación ambiental; el del riesgo humano. ¿Cómo considerar los otros factores ambientales?. Cada forma de energía presenta características diferentes en cuanto a sus efectos. Casi todas producen directa o indirectamente lluvia ácida; directamente como el carbón y el petróleo o indirectamente en la producción de los materiales requeridos en las instalaciones correspondientes. Hay que evaluar el efecto del calentamiento que sufre el agua de enfriamiento en su paso por los condensadores de las centrales que utilizan ciclos térmicos, este efecto tiene aspectos negativos (que han sido en los que generalmente se ha puesto énfasis) pero también positivos, algunas especies sufren con el calor, mientras que otras se benefician, por ejemplo, el manatí, una especie en peligro de extinción, se refugia y prolifera en las aguas tibias que descargan al mar las plantas termoeléctricas, es interesante observar que no se puede hablar en términos generales del efecto ecológico del calentamiento, pues el efecto es local y debe ser estudiado individualmente para cada central según su ubicación. Lo mismo acontece con las plantas hidroeléctricas, hay muchos aspectos benéficos, pero también los hay negativos y dependen de las características individuales del sitio específico que se seleccione para la ubicación de la presa, recuérdese el caso que hizo mucho ruido hace alrededor de cinco años, en que se suspendió la construcción de una presa en Estados Unidos porque iba a causar la desaparición de una pequeña especie de pez, ¿qué valor debe asignársele a la desaparición de una especie?.

Y ya que hablamos de valor conviene preguntarse ¿cuál es la unidad de comparación que debemos utilizar?. La respuesta parece sencilla, para comparar cosas disímolas la humanidad inventó

La moneda, si bien la respuesta es sencilla su aplicación puede resultar complicada, hay cosas cuyo valor es fácil de determinar pero en cambio existen otras difíciles de valorar.

Para poner un ejemplo de las dificultades que se presentan tomemos el del valor de una vida humana.

Tratar de valorar en pesos una vida humana puede parecer cruel e inmoral, pero es un hecho que en forma consciente o inconsciente se lleva a cabo constantemente, todos sabemos que toda actividad conlleva riesgos y que es posible salvar vidas haciendo inversiones en sistemas de seguridad, por ejemplo: instalar pasos para peatones sobre avenidas importantes reduce el número de accidentes, si supiéramos el costo de los puentes para peatones y las vidas que se salvan con su instalación, podríamos estimar el valor que asigna a cada vida salvada. A reserva de contar con datos de México, podemos recurrir a información de otros países en donde se han efectuado estudios a este respecto, pero los resultados muestran una dispersión muy grande. En Estados Unidos el costo de salvar una vida puede ir desde 25,000 a 50,000 dólares mediante la aplicación de medidas de detección y prevención de enfermedades, medidas que no siempre se aprueban, hasta medio millón o un millón de dólares y aún cifras mayores, en medidas exigidas por el gobierno en determinadas industrias. Esto mismo sucede en apreciaciones personales, pues existen personas que gastan cantidades considerables en equipos de seguridad costosos, que en poco reducen el riesgo y en cambio no adquieren otros que con menor costo aumentarían considerablemente su probabilidad de subsistencia en un accidente, esto es, por ejemplo, notable en el caso del transporte, sin contar además, que muchas veces teniendo el equipo de seguridad éste no se usa, como en el caso de los cinturones de seguridad, cuya efectividad ha sido plenamente demostrada.

Otras muchas consideraciones podrían

hacerse sobre temas relacionados pero con lo antes expuesto es posible llegar a algunas conclusiones y recomendaciones.

El problema de la evaluación de fuentes de energía, hasta hace algunos años se consideraba sencillo pues se centraba en la parte técnica y económica, se ha complicado al añadirse otros factores como la afectación ambiental, los efectos ecológicos, etc., y el tenerse que incluir los efectos desde la captación o extracción de energético, hasta su uso final.

El problema es complejo porque muchos de los efectos no están aún suficientemente estudiados y están sujetos a un grado elevado de incertidumbre, por otra parte, muchos estudios han adolecido de objetividad, la cual, es indispensable si se quiere llegar a resultados valederos.

Se recomienda por lo tanto que se efectúen estudios para determinar los efectos ambientales y ecológicos en forma objetiva y ponderada. Debe reconocer se que los estudios genéricos no son suficientes, pues no pueden incluir efectos locales, es necesario que la investigación ecológica se haga considerando el lugar específico en que se ubicará la instalación de aprovechamiento, esto implica el tener que iniciar los estudios con muchos años de antelación a la construcción de las centrales.

Finalmente, aún cuando de esto no hemos hablado, es necesario tomar en cuenta las acciones o instalación de equipo adicional, que pueden reducir las afectaciones ecológicas o ambientales.

REFERENCIAS

1. Inhaber, H., Energy Risk Assessment, Gordon and Breach Science Publishers Inc., 1982.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Qué formas de control sugiere para la contaminación ambiental en las diferentes formas de energía?

R. La pregunta es de una amplitud enorme. Indudablemente, en las energías

convencionales ya se utilizan sistemas para controlar la contaminación, por ejemplo, mencionamos el uso de precipitadores en las plantas que queman carbón, los eliminadores de azufre en las que queman carbón o pe

tróleo con alto contenido de azufre, estos eliminadores también pueden ser usados en las geotérmicas. Hay que buscar la eliminación no sólo en la propia generación, sino en las fuentes, por ejemplo, hablamos de contaminación indirecta, si se controla la contaminación en el caso de producción de materiales para las plantas solares, indudablemente se reducirá el impacto indirecto de las mismas. Si reducimos la contaminación al producir vidrio, aluminio o estructuras metálicas necesarias, todo eso va a contribuir a la disminución de ésta, ya sea directa o indirecta de las plantas solares para producir electricidad. Conviene aclarar que nunca podremos llegar a reducir a cero los impactos ambientales, si alguien como a veces se oye hablar, piensa que hay que obtener una energía absolutamente segura o absolutamente limpia, que no contamine es absurdo. Poco a poco, los rendimientos son decrecientes, los rendimientos de los equipos para reducir los contaminantes tienden a ser decrecientes si no se hace algo para reducir el contaminante en 98%, hay que hacer ciertas inversiones. Reducir en 1% más puede requerir más materiales que la primera reducción y si queremos llevar esto más lejos, podemos llegar al absurdo de que el retiro de contaminantes origine más de lo que se elimine, este factor generalmente se olvida, no podemos llegar a los niveles cero, pero si se puede hacer mucho y hay que hacerlo para reducir los impactos ambientales y los riesgos, inclusive como se mencionaba ayer se puede hacer mucho para reducir los impactos sociales, por ejemplo, se mencionaba en el caso de plantas hidroeléctricas que un estudio bien hecho de la zona que va a ser inundada puede reducir el impacto y hasta acabar en una situación mejor que la situación original.

- P. ¿Por qué se tiene que prever tanto y por lo tanto gastar tanto en las plantas nucleoelectricas?, ¿por qué no existe una Comisión de Seguridad Solar y Salvaguardias?, sabemos que no existe todavía una planta nuclear en operación y si existen plantas solares operando.
- R. Con respecto a su primera pregunta, mucho ha sido por gastos de tipo subjetivo. En las plantas nucleares es donde más se gasta para evitar el daño a las personas, por ejemplo, cuando se hacen cuentas de lo que se gasta para evitar una muerte resulta que es justamente en las plantas nu-

cleares donde se llegan a gastar cifras del orden de 8 millones de dólares para salvar una vida, eso ha sido resultado del punto de vista subjetivo y no del objetivo, esos ocho millones de dólares usados en otras industrias podrían ser ahorro de vidas mucho mayores. Estudios serios indican que las plantas nucleares son muy seguras y tenemos que el accidente de Three Mile Island no causó una sola muerte, y no hay hasta ahora una sola muerte atribuible a plantas nucleares.

Con respecto a su segunda pregunta, quizá más adelante exista. Por ahora la energía solar se esta usando de forma limitada y dispersa. En cuanto a este último aspecto el problema más importante está en que es mucho más fácil controlar los efectos cuando se trata de una planta localizada que cuando no lo es. Por ahora en México no existe una planta nuclear en operación, pero se está construyendo y la función de la Comisión Nuclear y Salvaguardias no es únicamente durante la operación de la planta, sino que se inicia desde antes de la construcción. En nuestro caso la tecnología es norteamericana (el reactor) por lo que se adoptaron las normas norteamericanas de control.

- P. ¿Se tienen panteones para materiales radioactivos en México?, en caso de tenerse ¿qué precauciones se han tomado para evitar que en el futuro se produzcan asentamientos humanos en estos lugares?
- R. Existe un sólo panteón para el material radiactivo, el cual no tiene nada que ver con aplicaciones energéticas. Este panteón se está empleando extensamente para depositar materiales nucleares provenientes de aplicaciones médicas e industriales. Se encuentra en el Estado de Hidalgo y está trabajando normalmente. Quizá su pregunta también este motivada por el problema de varilla contaminada que se presentó en Ciudad Juárez. El origen de este problema fue una cápsula de cobalto 60 para usos médicos que fue introducida al país sin los permisos y registros pertinentes. Una vez localizado todo material, de hecho el problema queda solucionado con el enterramiento del mismo y es aquí donde ha surgido un problema de tipo subjetivo, porque la cantidad de material radiactivo que hay, su dispersión misma en la varilla, etc., no representa ningún problema técnico, técnicamente es un problema trivial, políticamente lo han hecho un

problema muy grande. Finalmente, no se pueden tener cementerios preparados para casos eventuales. Por ahora se tienen para residuos provenientes de usos médicos, a su debido tiempo, se tendrán para los que resulten de la operación de la planta de Laguna Verde.

P. Podría hacer brevemente un análisis costo-beneficio en los casos de: la nucleoelectrica de Laguna Verde, la geotérmica de Los Azufres y según el análisis ¿conviene seguir con ellas o es mejor abandonarlas?.

R. En este momento resulta un poco difícil hacer un análisis costo-beneficio de la planta de Laguna Verde, debido a que los costos se han aumentado por una serie de circunstancias, en parte por ser la primera planta, por las modificaciones que se han tenido que hacer sobre la marcha y otras circunstancias externas al proyecto. En cuanto a Los Azufres, habría que hacer un análisis completo de evaluación, cosa que es completamente imposible en este momento, de hecho creo que ni la misma CFE dispone de él. Simplemente quiero aprovechar esta oportunidad para recalcar que todas las fuentes van a tener que ser utilizadas en el futuro, cada una tiene su propia aplicación y el pensar que una va a sustituir a la otra es un engaño.

P. Usted considera que la civilización es un sinónimo de contaminación y que tenemos que convivir con este gran problema. ¿Hay alguna otra alternativa?

R. A menos que quisieramos renunciar a muchas de las cosas que hemos desarrollado, estamos metidos en un problema donde civilización va a ser sinónimo de contaminación y lo único que podemos pensar es buscar la manera de reducirlo.

No creamos que en tiempos pasados no había contaminación, si retrocedemos en el tiempo encontraremos que también había problemas, nada más que tendemos a ignorarlos e ir a extremos que no son aplicables.

P. En México es común usar motores de mayor capacidad de la que se requiere, con lo cual se desperdicia energía. ¿Se tiene algún dato de cuánta energía se pierde en este caso particular?.

R. Que yo sepa no se tienen datos precisos sobre esto, no cabe duda que el

ahorro de energía es algo que debe impulsarse, es quizá la mejor forma que tenemos para reducir los contaminantes.

Es cierto que se desperdicia energía, no sólo en motores, sino en muchas partes, pero siempre hay que tomar en cuenta todos los factores, porque también se dice que se tiraba energía en la época de la energía barata, los resultados económicos indican que era lo que había que hacer y no nos engañemos, este factor es muy importante.

El ahorro de energía se está llevando actualmente en el mundo, sobre todo en países industrializados, debido fundamentalmente al efecto del costo de la energía, no a las preocupaciones ambientales ni otras consideraciones, es el costo, el factor más importante. En México en particular, hay algunas energías que quizá no tienen el precio que debieran tener y por lo tanto se malgastan, es importante ese aspecto y hay que ahorrar energía, hay que buscar el ahorro de energía, pero también hay que hacerlo en forma razonada.

C. Todo tipo de energía siempre ha presentado riesgos, la energía solar y nuclear no podían quedar exentas, a medida que se profundice en su estudio, los riesgos disminuirán. México debe abocarse a estas dos fuentes de energía debido principalmente a sus características geográficas.

C. ¿Por qué se tiene que prever tanto y gastar tanto en las plantas nucleoelectricas? Quiero hacer la aclaración de que las plantas nucleoelectricas si presentan riesgos y que éstos fueron reconocidos desde que se inició el desarrollo de la energía nuclear. La seguridad de las plantas nucleares no es resultado de que lo sean inherentemente, sino simplemente, es el resultado de que en ellas se siguió un proceso muy diferente al seguido con otras fuentes. En el caso de las plantas nucleares el asunto se ha llevado a extremos, mientras que en otras se ha descuidado el problema. Indudablemente, esta es la razón por la que existe una Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y no lo correspondiente en el caso solar.

No hay duda que el campo más estudiado en cuestión de contaminación es el de la radiactividad, se puede medir con mucha precisión y esto ha hecho que sea el campo más estudiado

en cuanto a sus problemas. La radiación recibida depende de multitud de factores, tales como: la altura sobre el nivel del mar, los materiales que nos rodean, etc. El problema más importante relacionado con la radia-

ción esta en la determinación y estudio de los efectos debidos a dosis bajas, en donde por ahora, para cubrir estos aspectos se ha tomado la extrapolación lineal de las dosis altas hacia las bajas.

POSIBLES IMPLICACIONES PARA LA SALUD DERIVADAS DEL USO DE LOS ENERGETICOS

Dra. Cristina Cortinas de Nava
Comisión de Ecología, D.D.F.

Dr. Javier Espinosa Aguirre
Instituto de Investigaciones Biomédicas, U.N.A.M.

Los efectos en la salud, la seguridad y el ambiente de las diversas alternativas de energéticos son complejos, por lo que no se considera que exista un sistema inocuo desde el punto de vista ambiental¹.

Las etapas de los procesos para la obtención de energía en las que se han identificado peligros para la salud humana, son comunes a todas las fuentes de energéticos y comprenden: la extracción de recursos, su molido y/o procesamiento, la construcción y operación de las unidades productoras de energía y la contaminación ambiental del aire, suelos y agua.

ENERGIA NUCLEAR

En el caso del ciclo de fisión nuclear, está bien documentado el peligro de cáncer pulmonar en los mineros del uranio que inhalan los productos de decaimiento del radón; polonio 218, plomo 214, bismuto 214 y polonio 214^{2,3}; Tabla I. Dichos productos son absorbidos en partículas de polvo que son inhaladas con el aire de las minas por los trabajadores, en cuyas vías respiratorias se depositan de acuerdo a su tamaño. Durante el decaimiento de esos productos se liberan partículas alfa de alta energía que exponen a las células epiteliales basales de los bronquios a una intensa radiación. Han sido descritas además; una respuesta lineal en función de la dosis de radón a la que se expusieron los mineros y un efecto sinérgico del tabaco en los fumadores^{4,5}. En el mayor estudio epidemiológico, efectuado a la fecha en 3,362 mineros de uranio, se encontró que los cánceres de la tráquea, bronquios y pulmones fueron cinco veces más frecuentes que lo esperado. Asimismo, el exceso de padecimientos respiratorios no malignos en dichos trabajadores se debió a: bronqui-

tis, enfisema, silicosis y fibrosis pulmonar⁶.

El procesamiento del combustible nuclear, una vez en curso, puede ocasionar una exposición tres veces mayor a la de la minería de uranio y por ello constituir un riesgo potencial para la salud⁷; aunque dicho riesgo no está fundamentado en evidencias epidemiológicas tan consistentes como en el caso de la minería. Se ha señalado así mismo, que el riesgo ocupacional derivado de la exposición a niveles bajos de radiación ionizante, puede calcularse a través de la extrapolación de datos a partir de los efectos producidos por dosis altas⁸.

Los efectos de las radiaciones en la salud pueden incluir: alteraciones genéticas (los riesgos de malformaciones o enfermedades en los niños que no llegan a nacer, han sido poco estudiados) y cáncer de una variedad de órganos; pulmón, mama, tiroides, piel, hígado, huesos, así como leucemia mieloide¹.

Estudios recientes han identificado además un incremento mayor al doble en la mortalidad infantil por leucemia, en los años de 1959-1967, en el estado de Utah, en los Estados Unidos de Norteamérica, en donde hubo precipitaciones radioactivas como consecuencia de los ensayos nucleares realizados en el estado de Nevada⁹. Se han mencionado además los peligros del empleo de los materiales de desecho de las minas de uranio, por ejemplo, material de construcción, por el riesgo de liberación de gases de radón y la ocurrencia de efectos indeseables en la salud¹⁰.

CARBON

Los peligros para la salud de los mineros del carbón derivan de la exposición al polvo, las emisiones de la com-

bustión del diesel, los gases asfixiantes (CO, CO₂, sulfuro de hidrógeno y metano), las explosiones y los accidentes.

En los estudios de las principales causas de muerte en los mineros del carbón en los Estados Unidos de Norteamérica, se han encontrado incrementos significativos en las razones estandarizadas de muerte por: cáncer del estómago, padecimientos respiratorios (influenza, enfisema, asma y tuberculosis) y accidentes. A la vez se identificó, a la neumoconiosis del trabajador del carbón (enfermedad del pulmón negro) como causa de muerte, Tabla II¹¹.

Las partículas de carbón respirables, responsables de la neumoconiosis de los mineros, se depositan en los bronquiolos terminales y alveolos donde son fagocitadas por macrófagos formando lesiones no palpables. La exposición al humo del tabaco, al sílice y a la contaminación ambiental puede provocar un espectro de respuestas que incluyen el desarrollo de: enfisema, silicosis, tuberculosis y otras enfermedades respiratorias. El riesgo de neumoconiosis depende a su vez, de las características tóxicas y del tamaño de las partículas de polvo de carbón¹². Los mineros del carbón presentan también un exceso de bronquitis industrial (producción de tos y flema) asociada a la inhalación de partículas grandes de carbón (> 5 µm) que se depositan en las vías aéreas grandes¹³, sin que necesariamente resulten cambios en las pruebas de función respiratoria.

La minería superficial de carbón presenta un riesgo más bajo de desarrollo de neumoconiosis al producirse una menor exposición a polvos del carbón, aun que ha sido reportada la ocurrencia de silicosis¹⁴.

A pesar de que no existen más que escasos estudios epidemiológicos en relación a los problemas de salud en los trabajadores de las plantas que emplean el carbón como fuente de energía, se han identificado formas de exposición peligrosas. Entre ellas, destacan la exposición a: polvo de carbón, solventes industriales, bifenilos policlorados, ruido, mercurio, radiaciones electromagnéticas, asbestos, cenizas y dióxido de azufre¹⁵.

En lo que se refiere a la población abierta, el impacto del uso de carbón como fuente de energía deriva particularmente de las emisiones al ambiente de dióxido de azufre y partículas, así como de dióxido de carbono; aunque se manifiesta que la combustión del carbón puede liberar también isótopos radioac-

tivos, metales tóxicos y compuestos halogenados^{16,17}.

Las tecnologías de conversión del carbón por gasificación y licuefacción implican, a su vez, peligros para la salud de los trabajadores. Los trabajadores de mantenimiento por ejemplo pueden verse expuestos a emisiones fugitivas, en las que llegan a estar presentes agentes tóxicos tales como:

- trazas de metales absorbidos a materia particulada o incluidos en subproductos, productos finales y otros gases
- hidrocarburos aromáticos policíclicos que se sospecha son mutagénicos y carcinogénicos
- compuestos sulfurosos en forma de sulfuro de hidrógeno y en menor cantidad de sulfuro de carbonilo y disulfuro de carbono
- derivados nitrogenados tales como amoníaco, aminas, cianuro de hidrógeno y compuestos heterocíclicos, varios de los cuales son mutagénicos
- Monóxido de carbono

La licuefacción del gas y en particular la refinación con solventes, produce muchas sustancias mutagénicas y carcinogénicas, que constituyen un peligro potencial para la salud de los trabajadores, que los ingenieros industriales deberán reducir o eliminar. Los destilados pesados parecen ser fuente mayor de hidrocarburos aromáticos policíclicos y derivados aminados con propiedades mutagénicas y carcinogénicas^{18,19}. La hidrogenación catalítica dentro de los procesos de licuefacción, es considerada bastante efectiva para detoxificar estas sustancias, mientras que los tratamientos de las aguas de desecho se describen como adecuados para remover los hidrocarburos tóxicos¹. Estudios realizados entre 1955-1960, en trabajadores de una planta de procesamiento de carbón por licuefacción, señalan por su parte la ocurrencia de lesiones malignas y premalignas en 50 de sus 350 operarios²⁰.

ACEITE DE ESQUISTOS

Diversos peligros potenciales para la salud de los trabajadores, han sido descritos en las distintas etapas del procesamiento del aceite de esquistos desde su extracción, molido y purifica-

ción. Entre ellos se pueden mencionar los derivados de la liberación de polvo conteniendo sílice, la emisión de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. El agua de desecho puede a su vez, contener: metales, fenoles, otros compuestos orgánicos y carcinógenos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, etc.

Otros problemas de salud pueden también derivar de la exposición a los catalizadores, al calor, al ruido y a los accidentes²¹. El primer cáncer escrotal en un trabajador expuesto al aceite de esquistos fue reportado en 1876. Desde entonces se ha descrito el desarrollo de epitelomas en otros trabajadores²² y de papilomas en la piel de ratones expuestos experimentalmente a dicho combustible²³. La presencia de promotores y de co-carcinógenos en las mezclas complejas extraídas del aceite de esquistos ha sido también descrita²⁴; al igual que la del carcinógeno 3, 4 benzo (a) pireno²⁵.

Tanto el ciclo de conversión del carbón como el del aceite de esquistos producen hidrocarburos policíclicos con tres o más anillos aromáticos, entre los cuales algunos son convertidos dentro del organismo humano en compuestos carcinogénicos. Tal tipo de compuestos están en el hollín de las chimeneas que ha sido asociado al desarrollo de cáncer del escroto, descrito por primera vez por Percival Pott en 1775 en los limpiadores de chimeneas en Inglaterra. Aunque en un trabajo reciente se señala aún un exceso de riesgo de cáncer en dichos trabajadores²⁶; se ha reportado además, un aumento de 33 veces en el riesgo de desarrollar cáncer pulmonar en los trabajadores expuestos a humos de alquitrán en una planta generadora de gas en Japón²⁷, siendo dicho riesgo mayor en los trabajadores con más de 20 años de antigüedad en la planta. En Inglaterra, un estudio de 2,071 trabajadores de una compañía de gas, describe un número dos veces mayor de muertes por cáncer del pulmón con respecto al de la población de Londres, mientras que el cáncer de vejiga se incrementó cuatro veces²⁸ detectándose además cánceres en piel y escroto. Los trabajadores encargados de los hornos de carbón en la industria siderúrgica, también manifiestan una incidencia de cáncer pulmonar mayor que la del resto de los trabajadores de dicha industria²⁹ identificándose además un exceso de cánceres de riñón. La duración de la exposición y la situación que ocupan los trabajadores alrededor de los hornos, son factores que inciden sobre la magnitud del riesgo de desarrollo de cáncer en los mis-

mos³⁰. En vista de estos hallazgos se ha señalado que "tanto los productores como los consumidores de estos compuestos hidrogenados del carbón, pueden correr un peligro definido de desarrollar cáncer, si no se les protege adecuadamente contra el contacto de la piel o contra la inhalación de estos productos en forma de grasas, líquidos, humos o aerosoles³¹".

CICLOS GEOTERMICOS

Entre los problemas mayores de los ciclos geotérmicos se distinguen: las emisiones de sulfuros de hidrógeno; el ruido que se genera en el ambiente ocupacional, los gases explosivos como el isobutano, la formación de dióxido de carbono en espacios cerrados, la presencia de amoníaco cerca de las torres de enfriamiento, el arsénico en el agua de desecho junto con pequeñas cantidades de mercurio, boro y gas de radón³². El efecto en la salud de los trabajadores o de la población abierta derivado de este ciclo no ha sido valorado.

FUSION NUCLEAR

Se considera que la fusión termonuclear puede constituir una alternativa energética de alto grado de seguridad, y con poco impacto en la salud y el medio ambiente³². Sin embargo, se identifican como peligros potenciales:

- las emisiones rutinarias de radioactividad proveniente de los reactores
- la producción y manipulación de desechos radioactivos
- la liberación accidental de radiaciones
- las descargas térmicas

ENERGIA SOLAR

La producción de las celdas solares fotovoltaicas, que convierten la energía solar en electricidad, conlleva riesgos para la salud de los trabajadores, desde la extracción del cuarzo hasta su procesamiento final. Aún cuando no se tienen datos sobre sus efectos en la salud, se identifican como un peligro potencial³⁴ los siguientes:

- la exposición a los clorosilanos,

al diboran, al monóxido de silicón y a los compuestos fosforados

- los desechos químicos

MADERA Y BIOMASA

La combustión de madera y de la biomasa implica problemas ya conocidos de contaminación ambiental por humos y partículas que se han asociado al desarrollo de bronquitis y asma³⁵.

NUEVOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

Ante la ignorancia de los efectos sobre la salud humana que puedan tener los nuevos desarrollos tecnológicos para la obtención de energía, se hace evidente por una parte que:

- antes de su difusión masiva deben evaluarse sus riesgos potenciales para los ecosistemas y la salud humana
- deben mantenerse al mínimo, que pueda alcanzarse en forma razonable, las emisiones peligrosas

COMPARACION DE LOS RIESGOS PARA LA SALUD DE LOS DIFERENTES SISTEMAS ENERGETICOS

Ya se han mencionado algunos de los efectos conocidos de los diversos sistemas energéticos sobre la salud humana, principalmente la de los trabajadores. Una de las mayores dificultades que se han puesto de relieve en la actualidad, consiste en la determinación de la magnitud del riesgo que conllevan cada uno de los sistemas energéticos para la salud de la población. Esto se debe, entre otros, a las diferencias que existen entre las medidas objetivas del riesgo y la percepción subjetiva del mismo

Ahora bien, la evaluación del costo de la producción y uso de energía, desde el punto de vista de la salud y el ambiente, requiere de investigaciones multidisciplinarias rigurosas. Estas deben por una parte, proveer de datos sobre la magnitud y características de la contaminación ambiental provocada a lo largo de las etapas de los distintos ciclos energéticos, incluido su uso final; así como detectar y cuantificar las transformaciones químicas de los contaminantes, su transporte y evolución bio

lógica a través del aire, agua y alimentos hasta llegar al ser humano. Por otra parte, se requieren estudios epidemiológicos para evaluar los efectos de la contaminación en la salud humana y de las especies de valor económico.

Es indispensable, contar con el apoyo de laboratorios que contribuyan a dilucidar los mecanismos bioquímicos de los daños biológicos, a la vez que valoran los distintos impactos biológicos de contaminantes en organismos de prueba o indicadores. Estas investigaciones, deben en particular, establecer relaciones dosis-efecto que permitan a los evaluadores determinar los riesgos con mayor precisión. Es importante señalar que, debido a las grandes lagunas en el conocimiento de los efectos indeseables en la salud, de las diferentes formas de energéticos, los tomadores de decisiones tienen que conformarse con un grado de confianza en sus evaluaciones distinto al usual de 95%. Es en este aspecto, donde interviene la percepción subjetiva de los riesgos. Otro aspecto que debe resaltarse también, es el surgimiento reciente de grupos interesados en el análisis de riesgos, campo que es indispensable desarrollar aceleradamente, ante la multitud de problemas ambientales a los que la humanidad se enfrenta en la actualidad.

Diversos estudios orientados a comparar los riesgos para la salud de los diferentes sistemas energéticos, han sido publicados^{36,37,38}. En ellos se han intentado evaluaciones cuantitativas de la morbilidad y mortalidad asociadas con cada una de las etapas de los ciclos de producción de energía.

En la Tabla III se presenta como ejemplo el riesgo calculado de muerte por leucemia, resultante de la exposición a la radiación emanada de reactores de potencia y los riesgos de muerte por otras causas. Se puede constatar en dicha Tabla, que el riesgo de muerte provocado por un automóvil es 100 veces mayor que el de muerte por leucemia, en el caso de límites máximos de exposición durante 35 años a las radiaciones de una central nuclear³⁶.

Mientras que para una población situada a seis millas de una central nuclear, el riesgo de muerte por leucemia es equivalente a la diez milésima parte de muertes causadas por un automóvil.

En la Tabla IV se presentan a la vez, los datos combinados provenientes de los trabajos de diversos autores; para comparar los efectos en la salud resultantes del uso de carbón, petróleo, gas

y energía nuclear para la producción de electricidad. Se tomó como modelo una planta de 1,000 megawatts (MWe) que provee de electricidad a un millón de personas. Como puede observarse, una planta eléctrica que emplee carbón contribuirá en, 48 a 285 veces, más muertes que otra que recurra a la energía nuclear; dos a tres veces más muertes que una planta a base de petróleo y a 36 a 1,120 veces más muertes que una que emplee gas natural como combustible³⁹.

La Tabla V muestra los datos calculados en 1975, sobre los efectos en la salud de poblaciones situadas a 80 Km de centrales eléctricas que empleen como combustible carbón, petróleo, gas o energía nuclear. Se calculó que para un ciclo total de combustible tipo que produzca 10^{10} KWh de electricidad (aproximadamente la producción anual de dos centrales de 1 000 MWe) se obtendrán:

- con carbón, de 20 a 300 muertes y de 100 a 300 casos de incapacidad
- con gas, de 0 a 2 muertes y 20 casos de incapacidad
- con combustible nuclear de 1 a 3 muertes y de 7 a 40 casos de incapacidad

Debe hacerse notar que en este tipo de comparaciones existe un alto grado de incertidumbre, por una parte por que no se tiene la misma precisión al definir la magnitud y características de la exposición a los combustibles fósiles, que la que puede alcanzarse con respecto a las radiaciones. Por otra parte, porque la extrapolación de los efectos de la radiación de dosis altas a dosis bajas, tiene a su vez, un elevado margen de imprecisión.

Los efectos a largo plazo de la producción de dióxido de carbono, liberado en la combustión de los combustibles fósiles, constituye además un riesgo para la salud importante de evaluar, ya que se calcula que las emisiones de las plantas que las emplean pueden rebasar la capacidad de la atmósfera y de los océanos de absorberlo. Aún cuando, en el presente el carbón constituye el energético que mayor impacto adverso parece tener en la salud y el ambiente, es imprescindible reducir al mínimo los impactos de todas las formas de producción de energía.

A continuación consideraremos los aspectos relativos a la identificación y monitoreo de mutágenos y carcinógenos en los diversos ciclos de los diferentes energéticos.

IDENTIFICACION Y MONITOREO DE MUTAGENOS Y CARCINOGENOS EN LOS DIVERSOS CICLOS ENERGETICOS

El desarrollo de cáncer en los trabajadores expuestos a los combustibles fósiles, así como a los materiales radioactivos y la identificación de sustancias mutagénicas y carcinógenas, a lo largo de las diversas etapas de los ciclos energéticos, ha resaltado el interés de realizar una investigación sistemática de los riesgos genotóxicos asociados a tales ciclos. Es por ello que se han efectuado numerosos estudios tendientes a evaluar, en una variada gama de organismos de prueba, la capacidad de producir daño genético y cáncer, de los materiales que se emiten al ambiente durante la extracción, procesamiento, uso y vertimiento de desechos de los energéticos^{40, 41}.

Destaca en particular, el empleo de pruebas de mutagénesis como indicadoras tanto de riesgos de daño genético como de cáncer, dada la estrecha relación identificada entre ambos procesos. Las pruebas más empleadas son las llamadas de "corto plazo", entre las que se incluyen: sistemas bacterianos, insectos, plantas y células en cultivo de mamífero en las que se miden mutaciones génicas, o bien aberraciones cromosómicas. Dichas pruebas pueden aplicarse a la identificación de agentes genotóxicos en el ambiente laboral, de las empresas productoras o usuarias de energéticos, así como en el ambiente abierto al que llegan las emisiones de los diversos ciclos energéticos. Constituyen por lo tanto; un recurso para evaluar los riesgos de los nuevos desarrollos tecnológicos, como para supervisar los sistemas energéticos en uso en la actualidad.

Estas pruebas se aplican por un lado a muestras simples de compuestos químicos extraídos de los combustibles o de sus emisiones y por el otro, a mezclas complejas de sustancias contenidas en ellos. Sumadas a las pruebas de análisis químico permiten la identificación y la caracterización de los riesgos para la salud de las sustancias potencialmente tóxicas.

En la Tabla VI se presenta, como ejemplo, la mutagenicidad comparada de extractos provenientes de aceite crudo sintético⁴⁰ en diferentes sistemas de prueba, en la mayoría de las cuales se observó un efecto genético.

Por su parte la Tabla VII muestra la correlación entre la mutagenicidad y la carcinogenicidad de diversas sustancias

relacionadas con los ciclos energéticos.

CONCLUSIONES

En resumen puede concluirse que los ciclos energéticos hasta ahora conocidos, constituyen riesgos potenciales para la salud humana de diferente magnitud y probabilidad de ocurrencia. Es por ello que los esfuerzos deben orientarse a definir dichos riesgos y desarrollar estrategias para controlarlos y prevenirlos.

REFERENCIAS

1. Rom, W.N. y Lee, J., *Environ. Sci. Technol.* 17: 133, 1983.
2. Archer, V.E.J., *Occup. Med.* 23:502-505, 1981.
3. Myers, D.K., Stewart, C.G. y Johnson, J.R., In: *Radiation Hazards in Mining; Control, Measurement, and Medical Aspects*, Gomez, M., Ed., American Institute of Mining Metallurgical, and Petroleum Engineers Inc., New York, N.Y., pp. 513-524, 1981.
4. Archer, V.E., Wagoner, J.K. y Lundin, F.E.J., *Occup. Med.* 15, 204-11 1973.
5. Archer, V.E., Gellam, J.D. y Wagoner, J.K., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 271, 280-93, 1976.
6. Waxweier, R.J., Roscoe, R.J., Archer, V.E.J., et. al., In: *Radiation Hazards in Mining, Control, Measurement, and Medical Aspects*, Gomez, M. Ed., American Institute of Mining Metallurgical, and Petroleum Engineers Inc., New York, N.Y. pp. 823-30, 1981.
7. Archer, V.E., Wagoner, J.K. y Lundin, F.E.J., *Occup. Med.* 15: 11-14, 1973.
8. United Nations, *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1977, Report to the General Assembly 32nd Session, Vienna, 1977.
9. Land, C.E., *Science*, 209, 1197, 1980.
10. Franz, L.W., In: *Health Implication of New Energy Technologies*, Rom, W. N. y Archer, V.E., Eds., Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Mich., pp. 89-98, 1980.
11. Rockette, H., *Mortality Among Coal Miners Covered by the UMWA Health and Retirement Funds*, DHEW(NIOSH), Publ., No. 77-155, march, 1977.
12. Cristian, R.T., Nelson, J.B., Cody, T.E., et. al., *Environ Res.* 20, 358-65, 1979.
13. Rom, W.N., Kanner, R.E., Renzetti, A.D., et. al., *Am. Rev. Respir. Dis.* 123, 372-77, 1981.
14. Fairman, R.P., O'Brien, R., Swecker S., et. al., *Arch. Environ Health*, 32: 211-215, 1977.
15. Rom, W.N., *Occupational Health Aspects of Fossil-Fuel Electric Power Plants*, Symposium on Energy Human Health, Human Costs of Electric Power Generation, EPA. 600/9-80-030, Washington, D.C., pp. 231-56, 1980.
16. Macbride, J.P., Moore, R.E., Wither spoon, J.P., et. al., *Science*, 202: 1045-50, 1978.
17. Van Hook, R.I., *Environ. Health Perspect.* 33: 227-47, 1979.
18. Perera, F., *Environ. Health Perspect.* 42: 163-85, 1981.
19. Bridbord, K., French, J.G., In: *Carcinogens, Polynuclear Hydrocarbons*, Jones, D.W. y Freudenthal, R.I., Eds., Raven Press: New York, N.Y., Vol. 3, pp. 451-63, 1978.
20. Sexton, R.J., *Arch. Environ. Health* 1: 181-86, 1960.
21. Rom, W.N., Lee, J.S. y Craft, B., *Am. J. Med.* 2: 247-60, 1981.
22. Bell, J., *Edin. Med. J.* 22, 35, 1876.
23. Leitch, A., *Br. Med. J.* 2: 1104-1106, 1922.
24. Bogovskiy, P.A. y Vinkmann, F., *Environ. Health Perspect.* 30: 165-69, 1979.
25. Berenblum, I. y Schoental, R., *Br. J. Exp. Pathol.* 25, 95-96, 1944.
26. Hogstedt, C., Andersson, K., Frenning, B., et. al., *Scand. J. Work Environ. Health.* 8: 72-78, 1982.
27. Kawai, M., Amamoto, H. y Harada, K.

- Arch. Environ. Health 14: 859-64, 1967.
28. Doll, R., Vessey, M.P. y Beasley, R. W.R., et. al., Br. J. Ind. Med. 29: 394-406, 1972.
29. Lloyd, J.W.J., Occup. Med. 13: 53-68, 1971.
30. Redmond, C.K., Strobino, B.R. y Cypess, R.H., Ann. N.Y. Acad. Sci. 271: 102-115, 1976.
31. Hueper, W.C., Arch. Ind. Hyg. Occup. Med. 8: 307, 1953.
32. Anspaugh, L.R. y Hahn, J.L., In: Health Implications of New Energy Technologies, Rom, W.N. y Archer, V. N., Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Mich., 565-80, 1980
33. Fraas, A.P., In: Energy and the Environment Cost-Benefit Analysis, Karam, R.A. y Morgan, K.Z., Eds., Pergamon Press: New York, N.Y., pp. 39-58, 1976.
34. Boeniger, M. y Briggs, T., Health Implications of New Technologies, Rom, W.N. y Archer, V.E., Eds., Ann Arbor Science Publishers Inc.: Ann Arbor, Mich., pp. 593-606, 1980.
35. Energy Department, Health Effects of Residential Wood Combustion, USDOE/EV-011, Washington, D.C., 1980
36. Hamilton, L.D., OIEA Boletín Vol. 22 No. 5/6 p. 35-71, 1980.
37. Gotchy, R.L., Nureg-0332, US Nuclear Regulatory Commission, 1977.
38. Comar, C.L. y Sagan, L.A., Ann. Rev. Energy 1: 581-600, 1976.
39. AMA Council on Scientific Affairs, JAMA 240: 2193-2195, 1978.
40. Epler, J.L., Clark, B.R., Ito, C.H. Guerin, M.R. y Raot, K., In: Application of Short Term Bioassays in the Fractionation and Analysis of Complex Environmental Mixtures, Environ. M. Sci. Res. 15:271-289, 1978.
41. Itsie, A.W., O'Neill, P., San Sebastian, J.R., Couch, D.B., Brimer, P. A., Sun, W.N.C., Fuscoe, J.C., Forbes, N., Machanaff, R., Riddle, J. C. y Itsie, M.H., Environ. Sci. Res. 15: 293-315, 1978.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Cómo pueden reducirse los impactos que por el uso de la energía se presentan en la salud? y ¿qué planes o estudios tiene el Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB) de la UNAM al respecto?

R. A lo largo de mi exposición y de otras exposiciones que se han efectuado durante el evento, se han podido señalar e identificar muchos de los agentes que causan un impacto en el medio ambiente y en los diferentes ecosistemas. Para esos agentes se han desarrollado tecnologías, establecido legislaciones, reglamentaciones, normas, estándares, etc., para controlar los niveles de contaminación en los ambientes ocupacional y abierto. Todos estos instrumentos tienen como objetivo, el reducir las emisiones y con ello reducir los riesgos que tengan para la salud.

El problema en este aspecto, estriba en que no conocemos todos y cuales son los riesgos inherentes a cada una de las etapas de los diferentes

ciclos energéticos. Con seguridad, podemos afirmar, que en el caso de las emisiones radiactivas, los riesgos están bien definidos, cuales son sus mecanismos de acción, etc., e incluso, están definidos los niveles máximos permisibles de exposición. En el caso de los productos químicos que se liberan a lo largo de los ciclos energéticos, la situación no es la misma; ya que aquí el número de productos que se liberan es muy grande y de una actividad y estructura biológica muy variada, por lo que definitivamente no se conocen en detalle sus riesgos potenciales para la salud y en consecuencia, constituyen un campo muy vasto de investigación, tanto en la profundización de los conocimientos que ya se tienen como en la modificación y adecuación de los niveles máximos permisibles para los ya conocidos, como los que vayan surgiendo de nuevas propuestas e investigaciones en el ámbito de control de la contaminación.

Otro aspecto que es importante señalar

lar, consiste en que la mejor medida del riesgo para la salud es aquella que se obtiene de estudios sobre los efectos en la salud a través del método epidemiológico y de evaluación clínica. Sin embargo, esto presenta serias dificultades en el caso de seres humanos en comparación con estudios de bioensayos en animales, por lo que será necesario tomar decisiones sin disponer de datos precisos y por ello, efectuar estas decisiones en base al empleo de indicadores de riesgo proveniente de los sistemas experimentales de prueba.

Respecto a las actividades de investigación en el IIB de la UNAM, puedo indicar que existe un proyecto interdisciplinario de salud ambiental, en el que se tienen dos líneas fundamentales de investigación. Una destinada a evaluar el riesgo genotóxico, es decir, el riesgo de producir daño genético y cáncer, como resultado de agentes contaminantes del medio ambiente a través de evaluaciones en sistemas biológicos de prueba.

Otra, exclusivamente enfocada a la evaluación del impacto en los procesos respiratorios a causa de la contaminación ambiental. En este se pretende llevar a cabo una evaluación epidemiológica y clínica, con el fin de no sólo contribuir al conocimiento del impacto en la salud, sino de contar con datos adecuados para la toma de decisiones.

P. Considerando que en la Ciudad de México circulan al día más de un millón de autos de gasolina y estos emiten por el escape varios gramos de plomo, ¿qué efecto tienen estas emisiones en la salud del capitalino?

R. Efectivamente, el plomo se ha identificado como un riesgo potencial para la salud desde diferentes puntos de vista. Se conoce la patología que genera en los trabajadores expuestos ocupacionalmente a emisiones de plomo, dando lugar al saturnismo y todo un complejo de alteraciones de salud, que incluyen las de tipo neurológico. La utilización del plomo en la gasolina, deriva en una exposición crónica a este tipo de contaminante, sobre todo riesgoso para el sector infantil de la población, ya que los niños tienen una capacidad mayor que los adultos para absorber el plomo, en general los infantes en el período de gestación. Aunque no existen datos corroborados y perfectamente establecidos, se señala que el plomo entre otras alteraciones, puede ser

causante del fenómeno de hiperactividad, de cambios de conducta, de deficiencias de aprendizaje en los niños, etc. Un estudio que realizó la Organización Mundial de la Salud (OMS) en varios países del mundo muestreando sangre de profesores, o sea individuos que ocupacionalmente no están expuestos, mostró que en el caso de México los niveles de plomo eran los más altos detectados, entonces, esto implica que definitivamente estamos expuestos al plomo que hay en el medio ambiente, y que nuestra población infantil esta sujeta a un alto riesgo.

P. Por lo expuesto, ¿cuál es el grado de toxicidad, según la OMS de cada uno de los materiales con los cuales se puede generar energía, por ejemplo carbón, uranio, rayos solares, etc.?

R. En una pregunta anterior, indiqué todo lo referente a las emisiones radiactivas, sus efectos y controles. Por lo que se refiere al carbón, ya mencionamos la multitud de sustancias químicas que pueden irse derivando a lo largo del procesamiento del carbón y de los diferentes usos y aplicaciones tecnológicas del mismo. Por lo anterior, darle a usted una respuesta de cual es el grado de toxicidad implicaría volver al inicio de la plática. En cuanto a los rayos solares sabemos que uno de los mayores riesgos está en la exposición a la radiación ultravioleta y aunque no se han establecido límites permisibles, todas las recomendaciones médicas van en el sentido de no exponerse masivamente a la radiación solar, por los riesgos que pueden haber de desarrollo de lesiones en la piel y que pueden conducir inclusive a la formación de cáncer.

P. ¿Como se calculan las muertes no ocupacionales producidas por el carbón presentadas en una de las Tablas?

R. Los estudios de comparación entre los riesgos para los diferentes tipos de energéticos a que he hecho referencia, se han realizado utilizando modelos ya que no se tienen datos precisos sobre los riesgos de cada uno. Es muy difícil precisar, en relación al carbón, cuales son sus riesgos específicos dado que hay una multitud de agentes que son emitidos al ambiente derivados de la combustión del carbón. Uno de los modelos utilizados es el desarrollado por el grupo de los Laboratorios Nacionales de Brookhaven, el cual está orienta-

do a definir la morbilidad y mortalidad asociada a esta fuente energética, tomando como indicador las emisiones de dióxido de azufre. En este aspecto, hay dos tipos de enfoque, uno en el que se toma como dato base el número de fuentes fijas emisoras de dióxido de azufre, se hace un cálculo de la producción de toneladas al año, etc., y después se refiere al número de enfermos y muertos que se reporta en el mismo año. Una corrección a este estudio, va en el sentido de ajustarlo más, no haciendo el cálculo teórico a partir de lo que se produce en las industrias, sino a partir de las determinaciones de dióxido de azufre en el ambiente.

- P. Para evaluar los riesgos derivados de los diversos métodos y procesos para obtener energía tomando en cuenta lo limitado de los recursos destinados para la investigación, ¿cuáles serían las etapas por cubrir en México?
- R. En lo que se refiere a la exposición ocupacional, esto cae dentro de las funciones del Seguro Social, que es justamente el sector que cubre la responsabilidad de asistencia médica y prevención de los problemas de salud en los trabajadores. Es de suponer que el Seguro Social tenga un control directo de la exposición ocupacional o por lo menos debería estar informado de las condiciones en que se encuentran los trabajadores en este caso, del ciclo energético; debería saber a qué y cómo están expuestos, y tener un control en un sistema de vigilancia epidemiológica que les permitiera conocer el estado de salud de los trabajadores, desde el momento en que entran hasta el momento en que dejan una industria.

Por lo que respecta a la población abierta, en nuestro país francamente no existe ninguna tradición, de grupos establecidos maduros, que tengan experiencia en la evaluación de los impactos del ambiente en la salud; recientemente, esto se ha identificado como una prioridad, se ha estimulado el desarrollo activo de talleres de evaluación epidemiológica de riesgos tóxicos ambientales, sin embargo actualmente hay carencia total de información y estudios al respecto, pero hay un interés por parte de diferentes instituciones, entre las que se cuenta la nuestra por contribuir al desarrollo de la investigación en este campo. La forma de contribución puede ser a través de los estudios epidemiológicos que son len-

tos, costosos, difíciles y que cuántos podremos hacer para evaluar cuántos impactos de cuántos agentes. El mayor problema, en nuestro caso, es un área urbana en la cual existen del orden de 30,000 industrias productoras de sustancias químicas que están emitiendo tal variedad de compuestos químicos al ambiente que en realidad distinguir entre los efectos de unos y otros en la salud, es imposible. Entonces, los estudios que se pueden realizar en áreas urbanas como ésta, de contaminación múltiple, simplemente van a señalar que hay problemas de salud asociados a la contaminación, sin indicar cuales son los riesgos específicos de cada uno de los agentes. Este es un problema complicado y por ello requiere un enfoque multidisciplinario y sobre todo, requiere de la toma de decisiones oportunas con respecto a los riesgos ya conocidos, decisiones que ya se deberían haber tomado, para las cuales no se requiere de más investigación para mostrar que el dióxido de azufre presente en grandes concentraciones en el ambiente esta representando un riesgo real para la salud, aún cuando no se define con precisión el riesgo. Entonces, con respecto a lo ya conocido, obviamente no queda más que recomendar que se tomen las medidas para controlar las emisiones y para establecer y hacer valer los límites máximos permisibles.

Para lo que es desconocido, hay que recurrir a tecnologías que nos permitan con mayor rapidez, menor costo y gran confiabilidad tener datos indicadores de riesgos y en base a estos datos también desarrollar acciones tendientes a la prevención y control.

- P. ¿Cuál es el porcentaje del costo total de los diferentes energéticos asignado al renglón salud y seguridad? y ¿los porcentajes destinados a éste propósito en México, están en concordancia con los definidos en otros países?
- R. La respuesta a estas preguntas ha sido dada, por quienes señalaron como se hace el cálculo de los costos, lo que se destina para la salud de los trabajadores y demás. Sin embargo, me gustaría retomar las consideraciones respecto a que el cálculo de los riesgos es muy subjetivo y atribuirle un precio a la salud humana es sumamente difícil y, sin embargo, se tiene que contener día a día con ello. Efectivamente, es muy importante el que se haya dicho que hasta

ahora los criterios que han prevalecido han sido criterios de tipo económico, y que las decisiones que se han tenido que tomar, para cambiar las formas de energía o para establecer sistemas de control o para lo que fuere, han sido establecidas más en base a criterios económicos, que a consideraciones sobre el impacto que puedan tener en el ambiente o en la salud. Esto es cierto, incluso la OMS plantea en el momento actual, con respecto a sus políticas en materia de salud para el año 2000, que definitivamente los problemas de salud de cada país están directamente relacionados con los sistemas políticos y socioeconómicos de desarrollo y que cada país tendrá que definir el valor que le atribuye a la vida

de sus habitantes, esto es un hecho, pero esta decisión en última instancia, la tiene y debe tomar la comunidad y no sólo el gobierno, los empresarios o los economistas.

Es utópico el pensar en un grado de contaminación cero, jamás ha habido un cero de contaminación desde que el planeta se formó, han habido continuamente fenómenos y procesos naturales que son contaminantes. Sabemos de los beneficios proporcionados por el desarrollo de la industria y de la tecnología, y no podemos pensar en renunciar a ellos, por razones obvias, pero es oportuno hacer un alto y reconsiderar el estilo de desarrollo y los precios que estamos dispuestos a pagar por los mismos.

TABLA I

CAUSAS ESPECIFICAS DE MUERTE EN UNA COHORTE DE MINEROS DEL URANIO DE RAZA BLANCA³

CAUSAS DE MUERTE	OBSERVADAS	ESPERADAS	RAZON ESTANDARIZADA DE MORTALIDAD
TUBERCULOSIS	14	3.4	409
TODOS LOS NEOPLASMAS MALIGNOS	264	117.2	225
ESTOMAGO	9	6	150
PULMON	185	38.4	482
PIEL	5	2.3	216
LEUCEMIA	5	4.8	104
PADECIMIENTOS RESPIRATORIOS NO MALIGNOS	103	31.6	324
NEFRITIS CRONICA INESPECIFICA Y ESCLEROSIS RENAL	8	3.1	262
ACCIDENTES	155	46.8	331

TABLA II

RAZONES ESTANDARIZADAS DE MUERTE (SMR) EN LOS MINEROS DEL CARBON^{A, 1}

CAUSAS DE MUERTE	OBSERVADAS	ESPERADAS	SMR
TODAS LAS CAUSAS	7 628	7 506.1	101.6
TODOS LOS NEOPLASMAS MALIGNOS	1 223	1 252.2	97.7
ORGANOS RESPIRATORIOS	373	331	112.5
CANCER DEL ESTOMAGO	127	91.9	134.9 ^B
PRINCIPALES PADECIMIENTOS CARDIOVASCULARES	4 285	4 501.2	95.2 ^B
BRONQUITIS CRONICA NO CALIFICADA	26	29	89.7
INFLUENZA	28	14.8	189.6 ^B
ENFISEMA	170	118.3	143.7 ^B
ASMA	32	18.3	174.9 ^B
TUBERCULOSIS	63	43.3	145.2 ^B
NEUMOCONIOSIS DEL TRABAJADOR DEL CARBON (CWP)	187		
ACCIDENTES	408	283	144.5 ^B

A 22 998 mineros estudiados (ROCKETTE NIOSH 77-155)

B Difiere significativamente del 100 al nivel de 5%

TABLA III

RIESGO DE MUERTE POR AÑO DE UN INDIVIDUO EN E.U.³⁶

		R I E S G O	PROBABILIDAD
MUERTE ACCIDENTAL	57	ENTRE 100 000	0.00057
MUERTE EN UN VEHICULO DE MOTOR	26.7	ENTRE 100 000	0.00027
MUERTE POR ENFERMEDAD CARDIACA	364	ENTRE 100 000	0.00364
MUERTE POR CANCER	157	ENTRE 100 000	0.00157
MUERTE POR TODAS LAS LEUCEMIAS ESPONTANEAS	67	ENTRE 1 MILLON	0.000067
LEUCEMIA TRAS IRRADIACION CORPORAL TOTAL DE 1000 MREM	1	ENTRE 1 MILLON	0.000001
LEUCEMIA POR EFECTO DE LA RADIACION NATURAL (35 AÑOS)	3.7	ENTRE 1 MILLON	0.0000037
LEUCEMIA POR EFECTO DE LOS REACTORES DE PO- TENCIA (35 AÑOS EN EL PERIMETRO CONSUMIENDO PESCADO Y NADANDO)	2.6	ENTRE 10 MILLONES	0.0000026
LEUCEMIA POR EFECTO DE LOS REACTORES DE PO- TENCIA (35 AÑOS POBLACION GENERAL SITUADA EN UN RADIO DE 6 MILLAS)	2.1	ENTRE 100 MILLONES	0.00000021

TABLA IV

COMPARACION DE LOS EFECTOS EN LA SALUD DEL USO DE CARBON, PETROLEO,
GAS NATURAL Y ENERGIA NUCLEAR PARA PRODUCIR ELECTRICIDAD^{39,*}

EFEECTO	CARBON	PETROLEO	GAS NATURAL	ENERGIA NUCLEAR
MUERTES OCUPACIONALES	0.54-8.0	0.14-1.3	0.06-0.28	0.035-0.945
MUERTES NO OCUPACIONALES	1.62-306	1.0 -100	...	0.01 -0.16
TOTAL DE MUERTES	2.16-314	1.1 -101	0.06-0.28	0.045-1.1
INCAPACIDADES OCUPACIONALES	26-156	12-94	4-24	4-13

* Producción de 1000 megawatts

TABLA V

EFFECTOS PARA LA SALUD CALCULADOS EN 1975
DERIVADOS DE LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD^{3,6}

COMBUSTIBLE	1975 (KWH(E) x 10 ⁹)	NUMERO EQUIVALENTE DE CENTRALES DE 1000 MW(E)	MUERTES CALCULADAS	CASOS DE INCAPACIDAD OCUPACIONAL
CARBON	844	128	1 900-15 000	25 000-39 000
PETROLEO	292	44	88- 4 400	4 000- 7 900
GAS	297	45	6	600
ENERGIA NUCLEAR	168	26	18-42	130-470
TOTALES	1 601	243	2 000-19 000	29 000-48 000

TABLA VI

MUTAGENICIDAD COMPARADA EN FRACCIONES PROVENIENTES
DE ACEITES CRUDOS SINTETICOS^{4,0}

SISTEMA DE PRUEBA	EVENTO GENETICO	FRACCION		ACEITE CRUDO
		BASICA	NEUTRA	
SALMONELLA TYPHIMURIUM	MUTACION GENICA	+	+	+
ESCHERICHIA COLI	MUTACION GENICA	+	+	NP
LEVADURAS	MUTACION GENICA	+	+	NP
DROSOPHILA	MUTACION GENICA	+	-	NP
CELULAS CHO	MUTACION GENICA	+	NP	NP
LEUCOCITOS HUMANOS	ABERRACIONES CROMOSOMICAS	EC	+?	NP
RATON	LETALES DOMINANTES	-	EC	+

NP = NO PROBADO; EC = EN CURSO

TABLA VII

CORRELACION DE LA MUTAGENICIDAD* Y CARCINOGENICIDAD DE
SUSTANCIAS RELACIONADAS CON LOS CICLOS ENERGETICOS^{4,1}

AGENTE	NUMERO ESTUDIADO	CONCURRENCIA DE RESULTADOS
HIDROCARBUROS POLICICLICOS	27	6/6 (100%)
COMPUESTOS METALICOS	15	4/4 (100%)
NITROSAMINAS Y COMPUESTOS RELACIONADOS	16	14/15 (93.33%)
QUINOLINAS	5	2/2 (100%)
AGENTES FISICOS	7	3/3 (100%)

* Sistema CHO/HGPRT para medir mutaciones génicas en fibroblastos de Hamsters chino

TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA

Dra. Eugenia J. Olguín Palacios
Instituto Mexicano de Tecnologías Apropriadas, S.C.

INTRODUCCION

El aprovechamiento de las fuentes alternativas de energía ha sido objeto de investigación y desarrollo de tecnologías desde hace varias décadas, principalmente en los países desarrollados. En México, se han realizado valiosos esfuerzos en diversos campos, principalmente en el aprovechamiento de la energía solar y de la biomasa. Huacuz¹ y Martínez² han publicado excelentes revisiones del nivel de desarrollo de la energía solar y del panorama general para el aprovechamiento de la biomasa, respectivamente.

Por otra parte, de la gran diversidad de tecnologías que se han desarrollado para el aprovechamiento de las fuentes alternativas de energía no todas son apropiadas para ser aplicadas a países en desarrollo, de ahí la importancia de discutir los criterios generales de selección de tecnologías apropiadas. Dentro del contexto mexicano, se ha discutido anteriormente el papel de las tecnologías apropiadas³, y a continuación se enlistan algunos de los criterios útiles en la selección de dichas tecnologías apropiadas:

- que estén maduras y disponibles, lo que implica que se haya probado su viabilidad técnico-económica
- que estén dirigidas a satisfacer necesidades básicas
- que respeten el equilibrio ecológico
- que generen empleo
- que no desplacen a las tecnologías autóctonas, sino que las fortalezcan
- que utilicen materiales locales
- que contrarresten la compra de tecnología extranjera

- que contribuyan a la descentralización
- que se adapten a organizaciones productivas de interés social

SELECCION DE TECNOLOGIAS APROPIADAS

Como se mencionó anteriormente, el uso de la tecnología es uno de los criterios fundamentales en la definición de tecnologías apropiadas. La atención a necesidades básicas es entonces, uno de los criterios centrales que nos permite distinguir entre diversas opciones tecnológicas y su impacto social (Tabla I).

Nivel Tecnológico Sofisticado

a) Celdas Fotovoltaicas

Estas son un excelente ejemplo para ilustrar el punto anterior, ya que siendo una tecnología sofisticada puede ser utilizada para atender necesidades básicas a un costo razonable. El uso de las celdas fotovoltaicas en albergues indígenas en zonas poco accesibles, donde la electricidad no es costeable, resulta ser muy apropiado. En México, el CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional ha instalado estos sistemas y otros de telesecundaria y telefonía rural con todo éxito desde el año de 1977. En Nigeria y Costa de Marfil, se instalaron más de 4,000 equipos de televisión alimentados con celdas fotovoltaicas y con fines educativos en 1975⁴.

Existen proyectos piloto a nivel comunitario en diversos países en desarrollo, en donde se está realizando una evaluación de la factibilidad económica del suministro global de energía para todas las actividades básicas (bombeo, iluminación, etc.) de una pequeña comunidad de alrededor de 500 ha-

bitantes⁵. Un proyecto piloto de esta naturaleza sería muy conveniente en alguna comunidad remota de las montañas de México, ya que la tecnología mexicana está en un grado muy avanzado de desarrollo y cercano a la comercialización.

Por otro lado, se prevee que las principales demandas del mercado a corto plazo serán: bombeo de agua, refrigeración, desalación y electrificación de poblados en lugares remotos⁶.

b) Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

El aprovechamiento de la energía hidráulica a pequeña escala (generación menor a 5,000 KW de potencia) se puede realizar con tecnologías disponibles y maduras las cuales son muy apropiadas a ciertas áreas en donde la electrificación será a largo plazo y existen pequeñas caídas de agua. Aunque dichas tecnologías requieren elevadas inversiones por KW instalado, su costo de operación es reducido y su mantenimiento es simple de llevar a cabo⁷. De las 78,668 localidades rurales que carecen de energía eléctrica en México según datos de C.F.E. de 1979, Ferrán⁷ estima que alrededor de 28,000 comunidades, están en zonas de electrificación a largo plazo y que si se considera que del 5 al 10% de estas poblaciones disponen del recurso hidroenergético, a pequeña escala, se podrían construir de 1,400 a 2,800 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) como una buena solución al problema del abasto energético. El mismo autor menciona que, en China se construyeron más de 1,700 PCH durante el primer semestre de 1980, dato que indica que en México se podrían construir las 2,800 PCH arriba mencionadas en el corto plazo, si se promoviera un programa con éste propósito.

Nivel Tecnológico Intermedio

a) Colectores Planos

Esta tecnología es una de las más maduras y ya se encuentra a nivel comercial en la mayoría de los países latinoamericanos⁸. Su aplicación a nivel agroindustrial resulta una de las más apropiadas al medio mexicano, aunque aún falta crear la demanda de éste sec-

tor y difundir ampliamente su costeabilidad. La Comisión Nacional de Investigación Espacial de Argentina, ha descrito⁹ un secador solar para frutas y hortalizas a nivel semi-industrial compuesto por una cámara de secado con una capacidad de 300 Kg de fruta fresca, un colector plano de plástico de 28 m² de área neta y un ventilador centrífugo, que produjo una circulación de aire de 70 m³/min a 2,800 rpm con un motor monofásico de 2 HP. La temperatura interior alcanzada fue de 70°C. Bajo estas condiciones, se lograron secar duraznos en cinco días y ciruelas en nueve días dentro de condiciones climáticas no aptas para el secado al aire libre. La eficiencia del sistema fue variable realizándose una evaporación en el intervalo de 0.2 a 1.4 KW de agua/día/m² de colector.

Respecto a otra aplicación agroindustrial de los colectores planos, el secado de granos presenta mayor potencial. El Instituto de Ingeniería de la UNAM ha demostrado la viabilidad de dicha tecnología desde 1975¹⁰ y es hasta 1985, diez años después, que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología será la entidad que difunda en forma masiva el uso de estos secadores.

Otro producto agroindustrial de alto valor comercial que puede secarse por medio de secadores solares es el pescado. Fernández Zayas¹¹ reportó que una cámara de secado de 4.3 m³ con un colector de 10 m² de superficie, se programó para un flujo de aire de 8 a 20 m³/min proporcionado por un ventilador de 0.2 HP y obtenía temperaturas de aire a la entrada de la cámara de entre 40.5 y 44°C y de 35 a 38°C a la salida.

Una tecnología con buen nivel de desarrollo y que sería muy apropiada al medio rural mexicano, es la refrigeración solar, ya que permitiría disminuir un buen porcentaje de pérdidas de alimentos perecederos. Se ha reportado la construcción de un prototipo que genera de 2 a 7 Kg de hielo/ciclo, basado en un sistema de absorción de dos componentes, amoníaco y agua. El sistema es intermitente, ya que consta de dos partes en un mismo dispositivo: el colector-absorbedor y el condensador-evaporador¹².

b) Digestores Anaeróbicos

Este tipo de tecnología está disponible cuando se trata de procesar desechos animales a pequeña escala, pero aún está en etapa de desarrollo, cuando se trata de procesar desechos industriales a gran escala como se muestra en la Tabla II. En este caso otro factor muy importante a tomar en cuenta para decidir si es una tecnología apropiada a una cierta región, es la disponibilidad de desechos y los requerimientos locales de gas o de fertilizante orgánico. Parece ser que en el momento actual, la necesidad energética de biogas no es una necesidad sentida por las comunidades rurales que en su mayoría disponen de gas o leña. Sin embargo, es muy importante realizar un trabajo intensivo de difusión de esta tecnología, con el objeto de señalar su importancia como un medio de controlar la deforestación y mejorar las condiciones sanitarias.

En cuanto a la disponibilidad de desechos animales a gran escala, la limitante es que la mayor parte de la ganadería en México, aún es de tipo extensivo como se muestra en la Tabla III, en la que se señala la distribución del ganado bovino de leche según Calderón y Aguilar¹³. Sin embargo, existen algunas cuencas lecheras o de producción pecuaria intensiva, como la Piedad, en donde la instalación de digestores a gran escala no sólo es deseable, sino urgente.

Respecto a digestores de gran escala para procesamiento de desechos industriales, urge terminar de desarrollar esta tecnología, ya que la productividad de estos sistemas es muchas veces mayor que la de los sistemas que procesan biomasa vegetal o excretas animales como se muestra en la Tabla IV.

Los reactores U.S.B. (Upflon Sludge Blanket) diseñados originalmente en Holanda, son extremadamente rápidos en comparación con los reactores convencionales que se han difundido a nivel rural en China e India, ya que trabajan a tiempos de retención en el rango de 2 a 5 días, dependiendo del tipo de desecho y de la temperatura.

Finalmente, es importante mencionar que los digestores anaeróbi-

cos a pequeña y gran escala son más adecuados cuando se construyen dentro de Sistemas Agropecuarios Integrales, ya que el biogas puede ser utilizado en algunas actividades agroindustriales tales como refrigeración, ordeña automática o más sencillamente, como combustible de tractores y otra maquinaria.

Otra aplicación muy apropiada al medio rural, es el uso de efluentes del digestor (estiércol digerido) como fuente de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) dentro de sistemas integrales en donde se aplican como fertilizantes dosificados a estanques, ya sea de cultivo de algas o peces. De hecho, la acuicultura a base de desechos orgánicos practicada hace varios siglos en Asia, se ha difundido a muchas otras regiones y ha incorporado el uso de efluentes de digestor, que es una práctica más adecuada en comparación con el uso directo de desechos animales sin tratar. El uso de estos efluentes como fertilizante de estanques de alga *Spirulina* ha sido demostrado como un método eficiente para reducir costos de producción¹⁴.

Nivel Tecnológico Simple

a) Calentador Solar Autocontenido

Esta tecnología es una de las más simples y el calentador puede ser construido por los propios usuarios ya sea en el medio rural o en el medio urbano marginado. Se puede construir de diversos materiales y diversos volúmenes, dependiendo de varios factores. Fernández Zayas y Dovalí¹⁰ describen un calentador compacto de 40 litros, tipo charola construido con plástico reforzado con lana de vidrio, el cual entregaba lotes de agua caliente a 45°C. En algunas zonas rurales es posible que otros materiales tales como lámina galvanizada puedan estar más fácilmente disponibles.

b) Digestor Anaeróbico Unifamiliar

Esta tecnología está madura y disponible para ser ampliamente difundida a nivel rural. Para este propósito, el Manual de Biogas publicado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas y OLADE es

una magnífica herramienta.

Por otra parte, en el momento actual en que los materiales de construcción se han elevado considerablemente, es posible que sea más rentable el construir digestores comunales que atiendan las necesidades de varias familias. Incluso esta opción permite disponer de mayores cantidades de biogás y por lo tanto de dirigirlo a usos que demanden volúmenes considerables.

REFERENCIAS

1. Huacuz, J., Energía Solar: Nivel de Desarrollo en México, Memorias del Foro "Fuentes Alternas de Energía", ESIA, I.P.N., México D.F., 1984.
2. Martínez, A.M., Panorama General y la Problemática del Aprovechamiento de la Biomasa, Memorias del Foro "Fuentes Alternas de Energía". ESIA, I.P.N., México D.F., 1984.
3. Olguín, E.J., ¿Qué son las Tecnologías Apropriadas (TA) y qué Papel Juegan en México?, Revista Solar de la Asociación Nacional de Energía Solar, Num. 8, Otoño: 3-7, 1984.
4. Weiss, C., Solar Photovoltaic Cell in Developing Countries, Proceedings Twelfth Photovoltaic Specialist Conference, november 15-18, 1976. Baton Rouge, Louisiana Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, New York, USA.
5. National Academy of Sciences, Energy for Rural Development, Supplement National Academy Press., 1981.
6. Del Valle, J.L., Panorama General y la Problemática de la Energía Fotovoltaica, Memorias del Foro "Fuentes Alternas de Energía", ESIA, I.P.N., 1984.
7. Ferrán, F., Energía Hidráulica para Generación de Electricidad a Pequeña Escala, Memorias del Foro "Fuentes Alternas de Energía", ESIA, I.P.N., México D.F., 1984.
8. Best, G., El Despegue de la Industria Solar en América Latina, Cuándo y Cómo, Revista Solar, Asociación Nacional de Energía Solar, Num. 5, Verano, 1983.
9. García, M., et. al., Secador Solar Experimental para Frutas y Hortalizas, Memorias de la V Reunión Nacional de Energía Solar, Editada por ANES, 1981.
10. Fernández-Zayas, J.L. y T. Dovalí, Calentador Solar Compacto para 40 litros, Memorias de la V Reunión Nacional de Energía Solar, Organizada por ANES, Guadalajara, Jal., 1981.
11. Fernandez-Zayas, J.L., Secador Solar para Cazón, Memorias de la V Reunión Nacional de Energía Solar, Guadalajara, Jal., Editada por ANES 1981.
12. Alvarado de la Torre, R. y Mendoza, E., Refrigeración Solar, Memorias de la VII Reunión Nacional de Energía Solar, Saltillo, Coah., Editada por ANES, 1983.
13. Calderón, F. y Aguilar, Importancia de los Esquilmos Agrícolas en la Alimentación Animal, Aprovechamientos Forrajeros, Año 1, Num. 4:10-13 1982.
14. Olguín, E.J., Apropriate Biotechnological Systems in the Arid Environment, In Trends in Applied Microbiology and Biotechnology, Doelle, H. and E. Da Silva (Eds.) UNESCO Triends Series (en prensa).

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Por qué no desechar tecnologías que nos endeudan y hacen más dependientes, por ejemplo, la energía nuclear? ¿por qué no utilizar nuestra experiencia en construcción de hidroeléctricas y utilización de biomasa que son propias de explotarse en nuestro país, por su vocación agrícola y ca-

racterísticas hidrológicas, así como tipos de vegetación?, ¿es muy importante el tipo de investigación que se realiza en el Instituto Mexicano de Tecnologías apropiadas (IMETA)?

R. Con respecto a la primera pregunta coincidimos en que la biomasa y la

hidroelectricidad tienen gran potencial en México. Creo que en este momento no se tienen datos adecuados para poder decir que debemos desechar la energía nuclear como tampoco para decir que la energía renovable apenas podrá contribuir con un 13 a 15% del total de los requerimientos energéticos del país.

La inquietud que a mi me surge, es si estamos listos para la tecnología nuclear, creo que no estamos listos, debido a que nuestro tipo de educación, ideosincracia y muchas otras cosas nos impiden entrar a tecnologías fuertes como la nuclear y la biotecnología en su aspecto de ingeniería genética. Francamente dudo que nosotros, como mexicanos, estemos capacitados para eso, esto no tiene nada que ver con la capacidad tecnológica, tiene que ver con nuestra capacidad para poder tomar en serio el trabajo.

Respecto a la otra pregunta, precisamente hace cinco años nos fundamos como sociedad civil, varias personas egresadas del medio académico sentimos que en las instituciones de investigación hay un límite, normalmente lo que se tiene que producir es una publicación pero no necesariamente algo que se implemente y nosotros tenemos la inquietud de que queríamos ver nuestros resultados ya en la práctica. Nuestros proyectos se generaban en base a una demanda real específica de algunas poblaciones o comunidades rurales y no al revés, esto asegura que se llegue más a corto plazo a ciertos resultados, por ejemplo, en este momento tenemos un pro-

yecto cuyo propósito es demostrar la viabilidad técnica y económica de una granja avícola en base a alimentos no convencionales y otros más.

- C. No cabe duda que hemos tenido recientemente un accidente (San Juanico) sumamente grave, pero no podemos atribuir este accidente nada más a la situación como lo planteaba la Dra. Olguín, este tipo de accidentes se tienen en todo el mundo, sabemos de accidentes en minas de varios países industrializados, en donde hubo muchos muertos, es decir, este tipo de accidentes no son privativos de nosotros. Aquí estamos planteando un punto de vista totalmente subjetivo, "yo creo que el mexicano no está capacitado para tener plantas nucleares". En mi opinión, podemos y debemos manejar una planta nuclear como es debido, también estoy entrando en un punto de vista subjetivo, pero creo que es tan válido uno como el otro. Estas frases muestran que nos basamos en el sentimiento, por lo que tenemos que evitarlo e ir más a fondo.

Por otro lado, admito que todas las energías van a tener que entrar a trabajar en sus diferentes ámbitos, cada una tiene su aplicación y hay que buscarla, no se trata de una competencia sino que cada una tiene su punto de aplicación. Ahora, lo que se ha explotado también muchas veces es el aspecto renovable, cuando se habla de renovable suena bonito y mucha gente se va con la finta y es necesario aclarar que nadie se opone a que las energías renovables se desarrollen en México.

TABLA I

DIVERSAS TECNOLOGIAS Y SU USO APROPIADO AL MEDIO RURAL MEXICANO

NIVEL TECNOLOGICO	TECNOLOGIAS DISPONIBLES Y MADURAS	USOS APROPIADOS AL MEDIO RURAL MEXICANO
SOFISTICADO	Celdas Fotovoltaicas	Iluminación, telesecundaria y telefonía en comunidades remotas. Bombas de agua en puntos alejados de la red eléctrica.
	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	Generación de una potencia máxima de 5000 KW para generación de electricidad en poblados alejados de la red eléctrica
INTERMEDIO	Colectores Planos	Calentamiento de agua y aire con aplicaciones industriales. Secadores solares de granos, pescado, frutas y hortalizas.
	Aerogeneradores	Bombas de agua a prioridades diversas, dependiendo de la disponibilidad del recurso viento.
	Digestor Nivel Agroindustrial	Producción a gran escala de biogas y abono contribuyendo a la problemática de sanidad y deforestación.
SIMPLE O DE AUTOCONSTRUCCION	Calentador Solar	Uso doméstico en zonas con buena insola-ción durante varias horas del día.
	Digestor Unifamiliar	
	Destilador Solar	

TABLA II

NIVEL DE DESARROLLO EN MEXICO DE LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGIA

PROCESO	NIVEL DE DESARROLLO	OBSERVACIONES
COMBUSTION DIRECTA	D	Subutilizada
DIGESTION ANAEROBICA RURAL	D	Falta evaluación
DIGESTION ANAEROBICA INDUSTRIAL	I.C.	Urgen esfuerzos en el área
PRODUCCION DE ETANOL	D	Mayor oportunidad Fermentación biológica

D Tecnología Disponible
I.C. A Nivel de Investigación

TABLA III
DISTRIBUCION DE GANADO BOVINO DE LECHE

TIPO DE GANADO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE LA POBLACION	PRODUCCION DE LECHE (% del total)
ORDENA ESTACIONAL	67	32
SEMIESTABILIZACION	20	12
ESTABILIZACION	13	56

TABLA IV
PROCESADO DE BIOMASA

TIPO DE DESECHO	PRODUCTIVIDAD m ³ biogas/m ³ digestor/dfa
BIOMASA VEGETAL	0.62 - 0.82
EXCRETAS ANIMALES	0.30 - 1.0
EFLUENTES INDUSTRIALES	6.0 - 16.0

CONFERENCIA MAGISTRAL

IMPLICACIONES AMBIENTALES Y LEGALES DE LA EXPLORACION, EXPLOTACION Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS

Dr. Gonzalo Persson Pérez
Dirección General de Prevención y Control de la
Contaminación Ambiental, SEDUE

INTRODUCCION

El poeta romano Tito Lucrecio escribió hacia el año 70 A.C.: "las cosas no pueden nacer de la nada y ya una vez engendradas, no pueden convertirse a la nada". Este principio fundamental trata de explicar la vida en la tierra y establece el misterio filosófico entre el todo y la nada. En 1789 el eminente químico francés Lavoisier lo establece en forma científica diciendo que "nada se crea ni se destruye, sólo se transforma".

Todos los seres vivos manifiestan su condición por una energía que emiten; ellos mismos son energía. En el ser humano la energía se llama trabajo. El hombre, de acuerdo con este principio, requiere energía para desarrollar sus actividades. Esta energía la toma de la naturaleza y la transforma.

Existen cosas en la naturaleza de las que se puede tomar fácilmente la energía y éstas se llaman energéticos. La energía interna de estas sustancias se transforma finalmente en energía de movimiento que produce la fuerza para transformar la naturaleza misma.

El conocimiento de los energéticos le llevó al hombre toda su historia - desde que descubrió el fuego - y aún no ha terminado ni su búsqueda ni sus hallazgos.

Siendo el mundo "su casa", es claro que para buscar, extraer y aprovechar los energéticos la modificó; es decir que, la ecología se ha modificado por la exploración, explotación y aprovechamiento de estos recursos.

La actividad del hombre está enfocada a la obtención de satisfactores, de tal forma que a mayor cantidad de individuos se requiere mayor cantidad de satisfactores en el menor tiempo posible. De aquí que el esfuerzo de trabajo del hombre se ha transformado de una energía meramente muscular a la energía de

la máquina. Si los energéticos para producir energía muscular son los alimentos existen una diversidad de energéticos para mover las máquinas. Sin embargo, la energía interna de las sustancias no se transforma totalmente en energía de movimiento, se produce un desperdicio, que ensucia al ambiente.

De tal forma que, a diferencia de otros seres vivos, el hombre es el único capaz de tomar la energía de la naturaleza para su beneficio transformándola en otras formas de energía que a su vez sirven para transformar la misma naturaleza. Esta cadena de transformaciones es consecuencia de la actividad humana. Pretender eliminar los daños que se le causa a la casa de los seres vivos implica necesariamente suprimir la actividad del hombre, y por tanto quitarle su cualidad esencial.

Debe procurarse, entonces, como filosofía fundamental el reducir las modificaciones del ambiente para que causen el menor daño posible a los seres que en él habitan. Este principio se convierte en la búsqueda no sólo de nuevos energéticos, ni en su uso racional, sino en metodologías de optimización en cuanto a su extracción y beneficio.

PENSAMIENTO INSTITUCIONAL

Fue en la década de los años sesenta cuando empezó a elevarse una preocupación en los diversos países por los desechos arrojados al mar. Se habló de la destrucción de los recursos extraídos del océano fundamentalmente para la alimentación.

Durante esa época empezó a pensarse en la extracción del petróleo del fondo del mar y se determinó que esa extracción agravaría las condiciones del ensuciamiento oceánico.

Como consecuencia de esta preocupación se organizaron una serie de reuniones

nes, tanto a nivel nacional como internacional para tomar medidas al respecto y tratar de establecer una legislación de control. Bajo ese marco surgió la necesidad de fomentar una reunión internacional que protegiera al medio ambiente. En el año de 1971 se preparó en la Ciudad de México una reunión que tendría lugar al año siguiente en Estocolmo, Suecia. En ese mismo año, el Congreso de la Unión aprobó una Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental que entró en vigor meses después. Como una consecuencia de esta Ley, se creó un órgano administrativo que la vigilaría en su cumplimiento.

Sin embargo, esta Ley adolecía de defectos y la administración institucional surgió en el seno del Sector Salud, limitando grandemente su campo de acción y sobre todo enfocando parcialmente el universo de trabajo.

A principios de 1982 se plantea como parte del Programa Nacional, dentro de la campaña presidencial una estrategia sobre criterios ecológicos y medioambientales. Con un panorama claro, sobre el campo de acción dentro de las estrategias nacionales, el Presidente de la República crea, como una de las primeras acciones de su mandato una Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología - la secretaría del hombre y su medio ambiente - y al año siguiente, el 30 de mayo de 1983, establece el Plan Nacional de Desarrollo.

En el capítulo 7 de este documento se lee: "por primera vez en la planeación nacional se incorporan explícitamente en la estrategia de desarrollo los criterios ecológicos y medioambientales, además de los económicos, políticos y sociales, para dar respuesta a las necesidades básicas de la población, asegurándole una calidad de vida adecuada y un aprovechamiento sostenido de los recursos naturales en el mediano y largo plazos".

La incorporación de una estrategia ecológica y medioambiental en el desarrollo del país no surgió como un capricho político o una acción de un grupo determinado sino como consecuencia de la consulta popular. Se identificaron por primera vez los problemas relacionados con la contaminación ambiental como una necesidad no sólo de la conservación de la salud pública - como se había manejado - sino como resultado de un proceso de desarrollo y su abatimiento y control como un requisito previo a dicho desarrollo.

La estrategia que se señala para un

programa de ecología tiene dos fases, una correctiva que implica, el control y disminución de la contaminación ambiental y la restauración ecológica de zonas deterioradas, que conlleva, además de su limpieza, su incorporación a la producción. Y una preventiva relacionada con el aprovechamiento integral y racional de los recursos naturales y con la conservación y enriquecimiento de dichos recursos.

Estas líneas están inmersas en un cambio en las formas de concebir el medio ambiente, sus potencialidades y vocación. Debe, por tanto:

- Generar políticas diferenciales y específicas de manejo de los recursos naturales, en función de las diferentes regiones ecológicas, que fortalezcan el proceso de responsabilización de los estados y municipios mediante la promoción de actividades productivas que combinen rentabilidad económica, logros sociales y minimicen el impacto ecológico negativo.
- Promover y fortalecer la responsabilidad ciudadana en el manejo y conservación de los recursos naturales mediante proyectos que involucren la participación local en el proceso de ordenamiento y restauración ecológica.
- Estimular proyectos específicos de ordenamiento y restauración ecológica con una perspectiva intersectorial, con la participación de la iniciativa privada, el sector público y las poblaciones locales.

El propio Plan Nacional de Desarrollo señala como una estrategia importante que, toda obra que se realice en territorio nacional debe incluir una evaluación de impacto ambiental, debiéndose hacer por el propio inversionista, bajo las normas dictadas por el Sector Ecológico.

Se señala también de una manera relevante la necesidad de estimular el uso de tecnologías menos contaminantes y la adecuación de las existentes a la realidad nacional. Esto implica el fortalecimiento del desarrollo de la pequeña y mediana industria que se dedique a la fabricación de partes y componentes de equipo anticontaminante.

Derivado del Plan Nacional de Desarrollo, el Sector Ecología ha presentado el Programa Nacional de Ecología fundado en cuatro líneas de estrategia:

- ordenamiento ecológico del territorio
- prevención y control de la contaminación
- conservación, preservación y restauración ecológica regional
- aprovechamiento y enriquecimiento de los recursos naturales para su manejo integral

De estas cuatro líneas emanan once proyectos estratégicos de los cuales es importante mencionar:

- impacto ambiental
- los tres proyectos de prevención y control de la contaminación: aire, agua y suelo
- restauración ecológica
- unidades integrales de manejo de recursos naturales

El Programa Nacional de Ecología establece las acciones concretas en cada una de estas líneas de acción y permite lograr mediante éstas, los objetivos y metas que fueron señalados en el Plan Nacional de Desarrollo.

Existe una marcada interrelación entre la dependencia de tecnología extranjera y la explotación de los recursos naturales. La economía nacional giró al rededor de la capacidad de exportación del crudo que pudiera hacerse; al racionalizar el consumo del petróleo en los otros países bajó la demanda y cayó el precio del recurso, produciéndose una crisis económica. Por esta razón es de primordial importancia el esfuerzo que se le pueda prestar a la búsqueda de nuevas tecnologías que hagan más adecuado el uso de nuestros recursos a la realidad nacional y buscar, desde este punto de vista, la instrumentación de la exploración, explotación y aprovechamiento de los energéticos.

MARCO LEGAL

Cualquier acción tendiente a la prevención y control de la contaminación ambiental, a la preservación del medio y a la restauración ecológica debe estar sostenida por un fundamento legal. Este fundamento debe emanar de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos como salvaguardia de los derechos y obligaciones ciudadanas que se poseen en una nación.

Como resultado de lo dispuesto en el Artículo 27 Constitucional, surge la Ley Federal de Protección al Ambiente. En ella se fundamenta la obligación de la protección del medio como una necesidad para conservar nuestros recursos y mejorar la calidad de vida. Se otorga a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología la facultad de la aplicación y vigilancia de la misma y se establecen las disposiciones que permiten esta observancia.

La Ley considera como objetivo primordial "establecer las normas para la conservación, protección, preservación, mejoramiento y restauración del medio ambiente, de los recursos que lo integran, y para la prevención y control sobre los contaminantes y las causas reales que los originan".

Se establece en su Artículo 7 que: "toda obra pública o privada que pueda producir contaminación o deterioro ambiental deberá ser objeto de una manifestación de impacto ambiental, donde se suministre la información necesaria relativa a las medidas técnicas preventivas y correctivas para minimizar los daños ambientales durante su ejecución o funcionamiento".

El Artículo 8 confiere al Sector Ecología la facultad de propiciar programas de estudios, investigaciones y otras actividades técnicas y científicas para desarrollar nuevos sistemas, métodos, equipos y dispositivos que permitan proteger al ambiente, con lo que se instrumenta legalmente la estrategia fundamental ya recalcada sobre la necesidad de un cambio en el uso de los energéticos.

Los Artículos 14, 15 y 16 facultan a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología para:

- dictar y aplicar de inmediato disposiciones y medidas correctivas, cuando exista peligro de contaminación o para los ecosistemas, la flora o la fauna
- promover las restricciones necesarias en importación, exportación, producción, transformación o procesamiento, transporte, tenencia, uso y disposición final de sustancias contaminantes y peligrosas para el medio ambiente
- limitar o suspender la instalación o funcionamiento de industrias, comercios, servicios, o cualquier otra actividad que pueda causar o incrementar la degradación ambien-

tal y dañar los procesos ecológicos

Como puede observarse, la Ley considera de primordial importancia la preservación del medio ambiente y de los ecosistemas y visto fríamente, esta protección parece ser más importante que las actividades en sí. Debe aclararse que es de interés la protección al ambiente; pero también el fomento al desarrollo de nuevas actividades económicas, que generen empleos y fomenten el desarrollo del país. Debe subrayarse la frase de que no queremos industrias, ni comercios cerrados; sino limpios que convivan armónicamente con su medio. La Ley enfatiza y debe aplicarse con fuerza el hecho de que las actividades no deben contaminar ni degradar al ambiente. Esto significa que debido al propio desarrollo del país, se fomentó un crecimiento acelerado, sin importar las tecnologías ni el daño que pudieran producir al medio. En la actualidad se requiere y es aquí donde la Ley tiene énfasis, una revaloración de estas tecnologías, para que en caso de no ser adecuadas, sustituir las y en el caso que no se hayan instrumentado, aplicarlas.

La exploración, explotación y aprovechamiento de los energéticos ya no puede hacerse como antes, debe ahora procurarse que estas actividades no deterioren el ambiente y a los ecosistemas y las que en un pasado causaron daño, sustituir las y los daños restaurarlos. Deseamos una mayor y mejor aplicación de los energéticos, es nuestro interés pugnar por conseguirlo; pero no a costa de nuestro medio ambiente, sino en armonía con él.

La Ley define claramente en sus Artículos 17, 21, 29, 34 y 39 la prohibición explícita a:

- expeler o descargar contaminantes a la atmósfera
- descargar sin previo tratamiento aguas residuales contaminantes en los cuerpos de agua
- descargar, sin previo tratamiento, contaminantes en las aguas marinas
- descargar, depositar o infiltrar contaminantes en los suelos
- emitir energía térmica, ruido y vibraciones que puedan contaminar el ambiente

Esta es la estrategia fundamental para la protección del ambiente. Es claro que se tienen que expeler gases, parti-

culas sólidas al aire, líquidos y sólidos al agua o suelo y emisiones energéticas al medio en general; pero estas emisiones nunca deberán poner en peligro a las personas, a la flora o la fauna, ni romper el equilibrio de los ecosistemas. Esto es lo que se considera contaminación. Asimismo esto permite el manejo de las tecnologías, para tratar las impurezas o para evitar los desperdicios.

El medio ambiente es muy generoso, tiene una alta capacidad de recuperación natural, permite que se realicen actividades que por sí solas pudieran parecer peligrosas, modificando sus condiciones y transformándolas nuevamente a formas benignas. Es importante pues, no abusar de esta generosidad, puesto que muchas veces el proceso de diálogo con la naturaleza es irreversible.

LOS ENERGETICOS Y EL AMBIENTE

Considerando como energético a toda sustancia que posea energía interna y que pueda ser extraída para su transformación, los energéticos de que se dispone en la actualidad son: leña y carbón vegetal, carbón mineral, petróleo y sus derivados, cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, viento, magma terrestre, sustancias radiactivas y cristales foto y termotrópicos. De estas sustancias pueden derivarse las siguientes formas de energía: calor, luz, electricidad, sonido, fuerza motriz, radiaciones y energía proveniente del espacio exterior. Algunas de estas manifestaciones son terminales como la fuerza motriz, otras son sólo intermediarias como la electricidad y algunas son mixtas como el calor.

Permítaseme hablar muy brevemente de los energéticos en forma individual y de sus implicaciones ambientales, ya que distinguidos participantes de este simposium tratarán estos temas con mayor amplitud.

LEÑA Y CARBON VEGETAL

Dentro del medio rural, éstos son los energéticos más comunes, sirven para proveer fundamentalmente calor en la elaboración de la comida y a veces para calentar el ambiente habitacional. Desde el punto de vista de la contaminación tiene poca importancia, aunque a veces las condiciones en las que se usa a estos combustibles no mantienen la higiene mínima, produciendo intoxicacio-

nes por monóxido de carbono.

Sin embargo, es la extracción de la leña uno de los factores fundamentales para la deforestación de los montes y bosques, produciéndose alteraciones ecológicas muchas veces irreversibles.

Se ha buscado substituir el uso de la leña por el del petróleo diáfano o el gas licuado, aunque esta substitución no es totalmente aceptada ni el cambio ha sido lo suficientemente adecuado para frenar la tala desmedida.

La producción del carbón vegetal trae además como consecuencia la quema por accidente de los bosques, ya que su elaboración parte del horneado rudimentario de cierto tipo de leña en el bosque mismo. El descuido o la negligencia de quienes la efectúan producen incendios forestales, que son un grave problema nacional.

CARBON MINERAL

La industria siderúrgica y sobre todo la del acero requieren del uso del carbón mineral. Esta sustancia se encuentra en minas de las que se extrae.

La exploración y extracción del carbón mineral trae como consecuencias ambientales las relativas a la minería, que por ser subterránea tiene pocas implicaciones. Algunas formas de extracción pueden no ser adecuadas y provocar ondas vibratorias y de choque que al aflorar a mantos de agua o en la superficie de zonas habitacionales causen daños o deterioren la vida silvestre primaria.

El aprovechamiento del carbón causa como consecuencias inmediatas la producción de óxidos de carbono, monóxido y dióxido, el primero tóxico y el segundo degradante de la composición natural del aire.

PETROLEO Y SUS DERIVADOS

Curiosamente la principal aplicación del petróleo como energético es la fuerza motriz. Esta aplicación está íntimamente relacionada con el motor de combustión interna, máquina muy poco eficiente inventada en el siglo pasado.

El uso de este tipo de motores ha sido indiscriminado y va desde la transportación hasta la generación de otro tipo de energías.

La poca eficiencia del motor de combustión interna ha hecho pensar a investigadores y estadistas que es un medio de derroche de un recurso energético muy limitado. Algunos escritores han calculado el precio del litro de petróleo en función de su origen y formación y por tanto el costo de cada caballo de potencia de este tipo de motores, siendo éste verdaderamente alto.

Por eso se menciona que el petróleo curiosamente se ha empleado para producir fuerza motriz, en vez de utilizarlo en otras aplicaciones más eficientes, como por ejemplo el desarrollo de la industria petroquímica.

Independientemente de estas consideraciones, la ineficiencia del motor de combustión interna es la causa fundamental de la contaminación ambiental. Al quemarse el petróleo se producen una serie de gases derivados de su combustión, como son los óxidos nitrosos, los óxidos de azufre y por ser deficiente la combustión se produce desperdicio de hidrocarburos; además naturalmente, de los gases propios de la combustión los óxidos de carbono. La energía contenida en el petróleo no se transforma directamente en fuerza motriz, sino que se generan energías de desperdicio que son el calor y el ruido.

Los gases que se producen son, en términos generales altamente tóxicos y al combinarse con el aire de la atmósfera se distribuyen en grandes regiones. El ruido generado interfiere en la vida normal de las personas y causa stress.

He hablado primeramente del aprovechamiento del energético, porque de éste depende la necesidad de su exploración y explotación. Parece que la estrategia consiste en buscar una optimización del motor de combustión interna o su substitución. La ingeniería ha estado buscando la forma de optimizar los motores a ciclo Otto o Diesel. Sin embargo, los mejores diseños son sólo usufructo de los países generadores de tecnología, exportándose los diseños a países en vía de desarrollo como el nuestro.

Pero no sólo es cuestión político-económica; la reducida posibilidad de substitución del motor de combustión interna, es también una cuestión de civilización y educación de la población en el uso indiscriminado de este tipo de máquinas.

Podría pensarse en una racionalización del vehículo automotor, si existiera un sistema de transporte colectivo confiable y seguro. Al ser insuficiente

este tipo de sistema, debe caerse en un mal uso y manejo de los automóviles.

Por razones económicas simples, la ley de la oferta y la demanda, al requerirse el pavoroso consumo de petróleo, se requiere de una mayor extracción y dado que los mantos y yacimientos naturales son limitados, deben buscarse constantemente nuevos yacimientos.

Esta necesidad, cuando no se toma el cuidado suficiente puede dañar el equilibrio ecológico de regiones enteras. Un ejemplo es el esfuerzo que realiza PEMEX para proteger el ambiente y restaurar aquellas zonas dañadas por accidente o por descuidos pasados. Sin embargo, todos sabemos que estos esfuerzos no son suficientes, deben buscarse nuevas tecnologías de extracción y de explotación que causen los mínimos impactos en el medio ambiente.

Muchas veces se piensa que estas tecnologías encarecen el producto final, pero como es más barato prevenir que remediar, es importante estimar que un aparente encarecimiento del producto extraído implica asegurar la agricultura y la ganadería y dar empleo y comida a muchas personas.

Otro problema fundamental relacionado con el petróleo es su transportación. Hablaba al principio de esta charla de los esfuerzos internacionales por proteger el medio marino. La ruptura de barcos tanque y los derrames accidentales, traen consecuencias graves para el medio marino, que la Secretaría conjuntamente con las Secretarías de Marina, Pesca y Comunicaciones y Transportes, son las encargadas de prevenir, vigilar y abatir estos problemas.

ENERGETICOS NUCLEARES

Los energéticos nucleares, si bien no tienen un cabal aprovechamiento actualmente en nuestro país son fuente de radiación ionizante, desde sus yacimientos, explotación y aprovechamiento.

Radionúclidos de origen natural se encuentran presentes en la corteza terrestre desde su formación, como el K-40 y el Rb-87 y otros se generan por las cadenas de decaimiento originadas por la desintegración del U y el Th. Otros radioisótopos son producidos por la actividad cósmica con componentes de la atmósfera y la litósfera, como el H-3, el C-14 y el Be-7.

La extracción de Uranio y Torio, pue

de traer consecuencias al medio y a las personas que lo extraen por las radiaciones de algunos de sus radionúclidos. Pero es esencialmente su proceso de enriquecimiento el que los convierte en sustancias peligrosas.

El uso de radioisótopos en la radiografía industrial, la pintura radioluminiscente, la medicina nuclear y la radioterapia, así como la aplicación de los Rayos X son procesos que cada vez controla y domina mejor el hombre para su propio beneficio. El aprovechamiento de los radionúclidos en la generación de energía debe ser motivo de cuidado en las plantas, controlándose las emisiones en sus puntos de liberación al medio ambiente: chimeneas, sistemas de ventilación y túnel de descarga.

Las rutas en las que los radionúclidos pueden causar daños son de muy diversa índole: por el aire, a un depósito e irradiación externa, a depósitos en vegetales, ingestión por hombres y animales e irradiación interna; por el agua de mar, retención en sedimentos y arenas, irradiación externa en las playas, ingestión en la fauna marina e ingestión en el hombre; por los efluentes líquidos, contaminación de acuíferos e ingestión del agua. Es necesario decir que por estas causas las medidas de seguridad que se tienen actualmente en las plantas nucleares son en extremo rigurosas para evitar accidentes que pudieran degradar y contaminar el medio ambiente.

GENERACION DE ELECTRICIDAD

La electricidad se genera actualmente en dos formas, por medios hidráulicos o por la combustión del petróleo. No considero importante volver a mencionar los problemas relacionados con la generación de fuerza motriz a partir de la combustión de hidrocarburos. Sin embargo, existe una modalidad importante en la generación de electricidad por el flujo de gas natural.

Si bien la sustitución de la quema de diesel por la de gas natural disminuye la afectación de la atmósfera por los gases expulsados provenientes de la combustión; los generadores de turbinas de gas son una forma apropiada de utilizar la presión de gas natural que se extrae y puede a su vez generar energía eléctrica. Sin embargo, estas plantas no tienen una gran capacidad de generación.

La construcción de obras de ingenie-

ría hidráulica, con miras a utilizar turbinas que se mueven por la caída del agua, si bien en sí por su operación no generan contaminación, si pueden causar un impacto ambiental grave por su construcción, sobre todo en ecosistemas frágiles.

La transmisión de la electricidad requiere de líneas de transmisión a lo largo de las cuales se riegan herbicidas y se destruye la vegetación existente. Como la construcción de este tipo de líneas obedece a principios económicos, fundamentalmente, el acortamiento de las mismas, muchas veces estas medidas de protección de torres y cables, significa un impacto ambiental serio.

FUENTES NO CONVENCIONALES

Se denominan fuentes no convencionales, la geotermia, la energía solar, la energía eólica y la proveniente de la biomasa

La geotermia emplea el calor del magma terrestre que actúa sobre los mantos acuíferos subterráneos y que al elevar su temperatura elevan su presión y tienden a escapar a la superficie. El vapor es utilizado para mover turbinas y producir electricidad.

Como en el caso de las hidroeléctricas, las plantas geotérmicas pueden producir un impacto ambiental grave en ciertos ecosistemas frágiles, además de lanzar a la atmósfera importantes cantidades de ácido sulfhídrico gaseoso y monóxido de carbono, que salen acompañados de vapor geotérmico.

Las aguas de desecho contienen también importantes cantidades de sales de potasio de sodio y calcio principalmente, que de no ser industrializadas causarían impactos severos en la ecología de las zonas geotérmicas como: Cerro Prieto en Baja California y Los Azufres en Michoacán.

La energía eólica es tal vez una de las formas más antiguas de nuestro país

para producir fuerza motriz y eventualmente electricidad. En el Sureste pueden verse muchas "veletas" para extraer agua de pozos.

La energía solar es todavía un recurso muy caro. Hasta la fecha sólo se han empleado parcialmente para calentar agua en las llamadas casas ecológicas y en intentos discontinuados por generar electricidad. El problema más importante que enfrenta el desarrollo de la energía solar es en cuanto a la legislación que impide la cogeneración de electricidad y la falta de incentivos fiscales a los productores de equipo; de tal manera que pudiera permitirse la expansión de éstos, principalmente en las zonas rurales y áridas del país; por lo que no son lo suficientemente capaces de sustituir aún a las técnicas derivadas de la combustión. En términos generales estas fuentes no convencionales de energía son limpias y producen muy poca o ninguna contaminación.

CONCLUSION

La facultad que la Ley deposita en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología es una responsabilidad que debe ser compartida.

La necesidad de obtener energía para que el hombre realice sus actividades más eficientemente en el menor tiempo posible debe ser una de las metas del desarrollo científico y tecnológico.

El uso de esta energía debe ser cada día más racional y mejor empleada, para que cada persona pueda disponer de la energía suficiente para sus necesidades

Esta optimización debe dar como consecuencia que se produzcan niveles cada vez menores de contaminación y desperdicios, sin embargo, se requiere de la voluntad para afrontar un cambio en la forma de pensar y en la forma de actuar de todos y cada uno de nosotros, para evitar daños al ambiente que repercutan en un mundo más eficiente y más sano para las generaciones futuras.

**CUARTA SESION:
MARCO LEGAL
Y CONTROL AMBIENTAL**

CUARTA SESION: MARCO LEGAL Y CONTROL AMBIENTAL

**ACTIVIDADES DE PROTECCION AMBIENTAL EN
PETROLEOS MEXICANOS**
Ing. Francisco Ramírez Chávez

179

**CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL PROVOCADA POR
PLANTAS GENERADORAS DE ELECTRICIDAD**
Ing. Humberto J. López Rubalcava

187

**EFFECTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA
PLANTA NUCLEAR DE LAGUNA VERDE**
Ing. Roberto Treviño
Ing. José Raúl Ortiz Magaña

197

ACTIVIDADES DE PROTECCION AMBIENTAL EN PETROLEOS MEXICANOS

Ing. Francisco Ramírez Chávez
Gerencia de Protección Ambiental, PEMEX

INTRODUCCION

En junio de 1972, se celebró en Estocolmo, Suecia, la conferencia de las Naciones Unidas sobre el ambiente humano, para "inspirar y orientar" a los pueblos de todo el mundo en sus actividades tendientes a conservar y mejorar el medio humano. Fueron 26 principios de convicciones que se trataron en la conferencia, que se pueden sintetizar en uno de ellos:

"el hombre tiene derecho a condiciones de vida adecuadas en un medio de tal calidad, que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio para las futuras generaciones"

Los países en desarrollo no son indiferentes a los problemas de la contaminación. Tienen también intereses en ellos porque son problemas que tienden a ser concomitantes al proceso de desarrollo y de hecho, han comenzado ya a manifestarse con intensidad creciente en sus propias sociedades. Resulta evidente que estos países desearían evitar, en todo lo que sea posible, los errores y distorsiones que han caracterizado la trayectoria seguida por el desarrollo de las sociedades industrializadas.

Los principales problemas ambientales de los países en desarrollo son básicamente diferentes de los que se perciben en los países industrializados, y tienen su raíz en la pobreza y la propia falta de desarrollo de sus sociedades, cuyas principales deficiencias son: desempleo, abastecimiento de agua, vivienda inadecuada, falta de higiene, baja nutrición y enfermedades. Son estos problemas los que, en grado no menor que los de la contaminación producida por la industria, exigen atención en el contexto de la preocupación por el medio humano. Son, por lo demás, problemas que afectan a la parte más numerosa de la humanidad.

El Plan Nacional de Desarrollo del

Gobierno Federal para el Sexenio 1982-1988, responde a la voluntad política de enfrentar los retos actuales del desarrollo del país con decisión, orden y perseverancia y con la más amplia participación de la sociedad. Por lo que, se han integrado al plan, programas de ecología, cuyo espíritu se enuncia en la siguiente manera:

"hoy es incuestionable la necesidad de elaborar una concepción integral del desarrollo del país que incluya los criterios ecológicos y medio ambientales, además de los económicos, políticos y sociales, para dar respuesta a las necesidades de la población asegurándole una calidad de vida adecuada y un aprovechamiento sostenido de los recursos naturales en el mediano y largo plazo"

Petróleos Mexicanos acorde con los criterios ecológicos y ambientales del plan, ha fijado por conducto de su Dirección General, lineamientos y políticas tendientes a lograr que todas sus actividades industriales se realicen en forma armónica con el medio ambiente, dando la misma prioridad a la prevención y control de la contaminación, que la que tiene la generación de energéticos y la elaboración de los productos derivados del petróleo.

La nueva administración realizó un cambio en la organización con la que se había manejado la protección ambiental en la institución. Estructuró, dentro de las subdirecciones sustantivas, organismos que atienden en su ámbito de competencia la problemática de la contaminación ambiental, para que las actividades industriales se desarrollen sin afectar el medio ambiente. A la Gerencia de Protección Ambiental le han asignado nuevas funciones que le permiten planear, supervisar, coordinar y evaluar. Además, ejecuta los planes internos de contingencias, para atacar derrames accidentales de hidrocarburos, con objeto de evitar que se contamine el mar, las aguas interiores y los suelos.

La atención a la protección ambien-

tal no es nueva en Petróleos Mexicanos. A partir del año de 1972, en virtud de la importancia de intensificar la protección del medio ambiente, la institución creó la oficina de protección ambiental, asignándole funciones normativas y de coordinación para procurar el control de la contaminación en todas sus instalaciones. En 1980 se eleva la oficina a nivel de Subgerencia, y en el año de 1981 la Subgerencia de Protección Ambiental se elevó a rango de Gerencia, con las mismas funciones con la que fue creada en forma inicial la oficina, adicionándole actividades operativas, en áreas fuera de las instalaciones petroleras. Actualmente, la Gerencia de Protección Ambiental depende de la Subdirección de Planeación y Coordinación.

ACCIONES DE PETROLEOS MEXICANOS PARA LA PREVENCION DE LA CONTAMINACION

En las diferentes actividades industriales que lleva a cabo Petróleos Mexicanos, existe el potencial de contaminación del ambiente con emisiones de humos, polvos, gases y descargas de aguas de desecho que se generan durante la perforación de pozos petroleros, la extracción del petróleo, su refinación y la producción de petroquímicos básicos. Además, la transportación de petróleo crudo y productos refinados por buques, tanques y tuberías tiene implícita la posibilidad de derrames que puedan contaminar el suelo, agua y aire.

Consciente de todos estos riesgos, Petróleos Mexicanos considera que la protección y restauración del ambiente no es solamente una obligación que impone la Ley, sino una responsabilidad moral ante la sociedad, por lo que su política en esta materia está dirigida para que en todas las actividades industriales que realiza se obtenga una armonía con la ecología del lugar donde tiene ubicadas sus instalaciones.

El uso del suelo en las instalaciones petroleras, ya sean pozos, baterías de separación, refinarias, centros petroquímicos o terminales marítimas ocasionan los mismos efectos ecológicos como lo hace cualquier otra industria o el mismo crecimiento demográfico que es obligando a usar un suelo que estaba dedicado a bosques, agricultura y ganadería.

De acuerdo a lo anterior, se tienen programas de actividades en todas sus áreas de operación con el fin de prevenir la contaminación. Así como de corre-

gir en el origen los factores que la generan.

Estos programas se dividen de la siguiente manera:

- diagnósticos ambientales
- restauración de terrenos y cuerpos de agua afectados
- atención a derrames accidentales de hidrocarburos
- evaluaciones analíticas de emisión de contaminantes
- estudios ecológicos
- estudios de impacto ambiental
- obras de protección ambiental

DIAGNOSTICOS AMBIENTALES

La realización de este tipo de actividades permite conocer los problemas de contaminación que puede estar generando cualquier instalación y proponer medidas preventivas y correctivas, así como programar la restauración de los terrenos aledaños afectados.

Los diagnósticos se realizan en:

- pozos en perforación y producción
- instalaciones de producción (baterías de separación)
- refinarias
- centros petroquímicos
- terminales marítimas
- agencias de ventas

RESTAURACION DE TERRENOS Y CUERPOS DE AGUA

Las acciones realizadas dentro de esta actividad, parten del diagnóstico llevado a cabo previamente, evaluando áreas aledañas a las instalaciones que se encuentren afectadas por escurrimientos accidentales de hidrocarburos.

Su realización no se limita a un proceso de limpieza en sí, sino que se trata de restituir al máximo posible a sus condiciones originales a esas áreas, integrándolas a los procesos productivos

de la región.

Resaltan por su importancia los trabajos de restauración realizados en:

- el campo petrolero Tamaulipas-Constituciones al noroeste del país, donde se restauraron aproximadamente 80 hectáreas en zonas aledañas a 14 baterías de separación, una estación de compresión y una planta de inyección de agua. Las áreas restauradas se encontraban afectadas por derrames accidentales de hidrocarburos procedentes de las mencionadas instalaciones
- baterías de separación ubicadas dentro de la zona del pacto ribereño, en Tabasco
- Pantano Santa Alejandrina, junto a la refinería de Minatitlán. Este pantano ha sido receptor de la descarga de agua de desecho de la refinería desde que ésta empezó a operar y se afectó por las aportaciones de aceite que contenían sus aguas residuales. Las actividades de restauración están de acuerdo a las estrategias convenidas con las autoridades de ecología, para la regeneración del pantano y la eliminación de hidrocarburos en el arroyo San Francisco

El programa para la restauración del pantano Santa Alejandrina y del arroyo San Francisco, ha requerido de un gran esfuerzo para su ejecución; sin embargo, los logros parciales obtenidos hasta la fecha han sido de gran valía, lo que nos permite pronosticar que la recuperación del sistema será posible.

En resumen, los logros obtenidos más significativos que nos permiten afirmar lo anterior, son los siguientes:

- a la fecha se han recuperado 290 mil barriles de crudo vertido en el sistema
- se han retirado de la superficie del pantano 7.0 hectáreas de "islas"
- se restauraron 17 hectáreas del ejido Santa Alejandrina, reincorporándolas como tierras productivas
- se han restaurado 20 hectáreas de terrenos afectados, considerando las márgenes del arroyo
- se han sembrado hasta la fecha, como parte del programa de reforestación, 4,950 plantas de diferentes

especies propias de la región

- la situación especial del pantano obligó a desarrollar nuevas técnicas de restauración que servirán en futuros trabajos

El arroyo San Francisco, actualmente libre de aceite en su superficie, ha recuperado en gran medida, su condición de cuerpo de agua apto para el desarrollo de la vida acuática ya que el contenido de oxígeno disuelto ha aumentado favorablemente, el pH es el adecuado y se ha recuperado la actividad fotosintética.

ATENCION A DERRAMES ACCIDENTALES DE HIDROCARBUROS

La aplicación de un sistema de respuesta a fugas o derrames accidentales de hidrocarburos que puedan producir contaminación terrestre o marina, ha funcionado en forma oportuna y eficiente. Los objetivos de este sistema son la confinación y recuperación al máximo posible, del producto derramado y la restauración de las áreas afectadas a su condición original.

La aplicación de esta actividad de respuesta, genera un sinnúmero de movimientos de recursos, humanos y materiales, con la participación de todas las áreas sustantivas involucradas en el problema, bajo una sola coordinación por parte de la Gerencia de Protección Ambiental, que dicta y ejecuta los procedimientos a seguir para la atención del derrame.

El Ejecutivo Federal, promulgó el Plan Nacional de Contingencias para combatir y controlar derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en el mar, al cual se integra y coordina nuestra institución con un plan interno, tanto para aguas marinas como para derrames en tierra.

Con objeto de cumplir con el Plan Nacional, se han realizado prácticas de combate de derrames en forma conjunta con la Armada de México en varias terminales marítimas y en la Sonda de Campeche, que han permitido entrenar al personal en el manejo de equipos recuperadores de aceite, y en los sistemas de coordinación para casos de emergencia.

EVALUACIONES ANALITICAS DE EMISION DE CONTAMINANTES

Con objeto de tener un control sobre

la emisión de contaminantes en las descargas de aguas de desecho de los centros de trabajo de la institución, se llevan a cabo programas de análisis en las mismas, con el fin de verificar que cumplan con límites establecidos por el reglamento en vigor. Además, se verifica que los sistemas de tratamiento operen correctamente, y en aquellos casos donde se detectan fallas se ponen medidas correctivas para eliminarlas.

Por lo que se refiere a las emisiones gaseosas a la atmósfera, se realizan evaluaciones de calidad del aire en lo referente a bióxido de azufre, en áreas aledañas a centros de trabajo como los complejos petroquímicos Cd. Pemex, Reynosa, Totonaca, Cactus y las refinerías de Cd. Madero y Minatitlán.

También se realizan evaluaciones atmosféricas en la Ciudad de México, con especial énfasis a la zona aledaña a la refinería "18 de Marzo".

ESTUDIOS ECOLOGICOS

La elaboración de estudios ecológicos permite determinar las condiciones ecológicas existentes y las variaciones estacionales que éstas presentan en cuerpos de aguas que captan las descargas de aguas residuales de instalaciones petroleras, o bien, que se hayan visto sometidas a la influencia de un derrame accidental de hidrocarburos.

Reviste gran importancia el estudio realizado en el Río Coatzacoalcos con objeto de conocer su situación y las posibles afectaciones que puedan causar las descargas de las instalaciones petroleras al mismo. Los resultados indican que el río sufre principalmente contaminación por la descarga de aguas negras de las ciudades y comunidades asentadas en sus márgenes.

De singular relevancia es el convenio que se firmó el 14 de diciembre de 1980 con la Universidad Nacional Autónoma de México y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de un proyecto denominado "Estudio Sistemático de la Zona Económica Exclusiva de México". Dentro de este convenio cuya duración es de 10 años, se dispone de dos buques oceanográficos "El Puma" y "Justo Sierra" cuya área de operaciones es el Océano Pacífico y el Golfo de México, respectivamente.

En el Convenio PEMEX declara:

"que para el mejor desarrollo de su

objeto, requiere ampliar el conocimiento que tiene de la zona económica exclusiva de México y otras áreas marítimas principalmente en lo que se refiere a la estructura e historia del subsuelo oceánico y sus recursos, particularmente hidrocarburos fósiles; así como en el estudio de la contaminación, en especial la producida por hidrocarburos"

Las actividades realizadas por PEMEX en la zona costera de México, son las siguientes:

Petróleos Mexicanos a través de la Gerencia de Protección Ambiental ha empleado continuamente, desde 1982, los dos buques oceanográficos para la realización de estudios en la zona costera. El objetivo general de los mismos es evaluar el impacto de las actividades petroleras sobre la ecología marina, con el propósito de tomar en su caso las medidas preventivas y correctivas necesarias.

Los estudios se desarrollan con el apoyo del Instituto Mexicano del Petróleo y hasta el momento se han realizado con el buque oceanográfico "El Puma" nueve campañas de investigación en el Océano Pacífico, de las cuales cuatro se llevaron a cabo en las costas de Salina Cruz, tres en la costa occidental de la Península de Baja California y dos en el Mar de Cortés. Con relación al buque oceanográfico "Justo Sierra", se han llevado a cabo cinco campañas de investigación de las que se efectuaron tres en la Sonda de Campeche y dos entre Alvarado, Veracruz, y Ciudad del Carmen en Campeche.

ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Los estudios de impacto ambiental permiten evaluar los efectos que puede causar una obra de gran magnitud, sobre cada una de las categorías ambientales, como son: aire, cuerpos de agua, suelo, flora, fauna y actividades socioeconómicas. Durante sus etapas de planeación, construcción y operación. Parte integral y primordial de estos estudios es el marco de referencia ambiental que sirve para recopilar la información sobre las condiciones ambientales prevalecientes en el área de influencia de la obra.

De 1982 a la fecha los estudios que se han realizado son los siguientes:

- Complejo Petroquímico Nuevo PEMEX

- Complejo Petroquímico Huimanguillo
- Desarrollo del campo petrolero Mora

OBRAS DE PROTECCION AMBIENTAL

Con el propósito de prevenir, controlar y minimizar el impacto de sus operaciones industriales a las áreas aledañas, Petróleos Mexicanos tiene estructurado un programa prioritario para la construcción de obras de protección ambiental, tanto para el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales como para la eliminación de la emisión de humos a la atmósfera.

Para la realización de este programa, se elaboran criterios de diseño que sirven de base para el desarrollo de la ingeniería de detalle de este tipo de obras o para aquellas instalaciones que lo requieran, debido al aumento de capacidad en el procesamiento de algunos centros de trabajo.

La importancia del problema ecológico es motivo de atención prioritaria en nuestra institución, motivo por el cual se han establecido diferentes convenios para la realización de acciones que permitan en forma coordinada, proteger el ambiente. El primero de ellos es el que se refiere al convenio de coordinación SEDUE-PEMEX, para proteger, controlar y restaurar el ambiente en lo relativo a las actividades de la industria petrolera.

Este convenio, firmado en el mes de mayo de 1983, establece que Petróleos Mexicanos desarrollará los esfuerzos y aplicará los recursos económicos necesarios para resolver los problemas ambientales que se deriven de sus actividades y fue elaborado a solicitud de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, con objeto de darle continuidad a las actividades de protección ambiental, que realiza nuestra institución.

El convenio esta acorde con las políticas y lineamientos que Petróleos Mexicanos ha fijado por conducto de nuestro Director General, Lic. Mario Ramón Betea, en el sentido de que, la institución continúe la explotación del petróleo en beneficio del pueblo mexicano, cubriendo el objetivo de proteger el ambiente y la calidad de vida de las regiones donde opera.

A la firma de este convenio, nuestra institución, al igual que el Gobierno Federal, da un paso importante y se de-

muestra que hay un espíritu de comprensión y cooperación, ya que independientemente de las disposiciones de carácter legal y reglamentario que existan y que obligan a Petróleos Mexicanos a ser cuidadosos del ambiente, se cumple estrictamente con los lineamientos fijados por el Presidente de la República en el sentido de proteger la ecología y con ello la calidad de la vida de nuestros conciudadanos.

Petróleos Mexicanos tiene una preocupación profunda para no causar daños por descuido o falta de precaución de sus actividades y se tiene la intención de reparar de inmediato los daños causados y de disminuir al máximo su impacto negativo, haciendo crecer su impacto positivo.

Este convenio tendrá una vigencia de dos años a partir de la fecha de su firma y podrá ser prorrogado mediante mutuo acuerdo de las partes; se tienen pactadas actividades muy diversas, las cuales están comprendidas en seis programas básicos que son:

1. restauración de terrenos afectados por derrames de hidrocarburos
2. preservación ecológica de las especies
3. control de olores provenientes de tanques de almacenamiento
4. racionalización del uso de gas natural en industrias localizadas fuera del Valle de México
5. mejoramiento de la calidad de combustibles (gasolina y diesel)
6. ahorro de energía

Estos programas involucran el desarrollo de un gran número de actividades concretas, cuya evaluación está a cargo de la Subsecretaría de Ecología, la cual forma parte de la Comisión Permanente establecida para coordinar la definición, desarrollo y evaluación de programas para prevenir, controlar y combatir la contaminación ambiental.

Destacan por su importancia, las acciones que Petróleos Mexicanos está realizando para coadyuvar al mejoramiento de la calidad del aire del Valle de México, y que por su relevancia se encuentra en la sustitución del combustible por gas natural en la refinería "18 de Marzo" en Azcapotzalco, la disminución del contenido de plomo en las gasolinas que se consumen en el Distrito Federal, así como la disminución del con-

tenido de azufre en el diesel y combustible. Además se cuenta con un programa conjunto entre PEMEX y RUTA-100 y se participa en las actividades que emanan del seno del COPLADE en el Distrito Federal y que caen dentro del marco del convenio PEMEX-SEDUE.

Finalmente, podemos decir que el objetivo de este convenio conforme a los requerimientos fijados por la Subsecretaría de Ecología, es atender en forma prioritaria los problemas que requieren una solución inmediata, así como formular programas preventivos y correctivos a corto, mediano y largo plazos.

El espíritu de la realización del citado convenio, es el de manejar una política de acción que no sea conservadora, la cual puede originar desviaciones que resulten negativas y por consiguiente detener el desarrollo industrial.

Por otro lado, el Ejecutivo Federal ha suscrito con los Estados de Tabasco y Chiapas, convenios únicos de desarrollo, que tienen por objeto instrumentar la política de desarrollo regional establecida en el Plan Nacional de Desarrollo.

De acuerdo a lo anterior, se consideró necesario integrar dentro de los COPLADES, las comisiones para el desarrollo de las zonas petroleras, en virtud de la importancia que revisten las actividades que desarrolla Petróleos Mexicanos en esas entidades, y que han propiciado un acelerado cambio, tanto económico como social, que en ocasiones ha rebasado la capacidad de planeación de los Estados, provocando problemas que por su dimensión y repercusión es difícil corregir posteriormente, así como para regular los desequilibrios ecológicos que ocasionan la degradación de las condiciones ambientales.

En estas Comisiones formadas el 4 de mayo de 1984 en Tabasco y el 31 de julio de 1984 en Chiapas, participan, además de Petróleos Mexicanos, las Secretarías de Programación y Presupuesto, Energía, Minas e Industria Paraestatal, Agricultura y Recursos Hidráulicos, Desarrollo Urbano y Ecología y Reforma Agraria, así como el Gobierno Estatal correspondiente.

Sus objetivos básicos son el buscar el equilibrio entre las actividades petroleras en esas entidades y los sectores económicos no dependientes directamente del petróleo. Así como estudiar y resolver sobre las acciones que deban tomarse para prevenir y corregir daños al ambiente en las áreas de operación

petrolera, además de promover la realización de actividades productivas, coordinando y vigilando el cumplimiento de los programas que se establezcan.

Petróleos Mexicanos, interviene también dentro de convenios internacionales cuya finalidad es la protección del medio ambiente, en lo relacionado a las actividades petroleras, como son:

- convenio de coordinación México-Estados Unidos de América para la conservación y mejoramiento del ambiente en la zona fronteriza, dentro del cual se realizan regularmente diagnósticos ambientales de las instalaciones que PEMEX tiene dentro de la zona de los 100 Km de la frontera
- convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973 y su protocolo 1978
- convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias
- convenio de cooperación técnica y científica con la República Federal Alemana, dentro del cual está contemplado el proyecto conjunto de detección aérea de hidrocarburos derramados en el mar

Con estos lineamientos, la conservación de la ecología con responsabilidad y aplicación del sentido común, debe ser una acción que rijan la evolución de nuestro país para alcanzar altos niveles de desarrollo y que para lograrlos se requiera de la participación coordinada de todos los sectores mediante la motivación y concientización de los mismos, en el empeño de lograr las metas fijadas.

En un análisis estricto sobre la realidad actual de nuestro país, se llega invariablemente a la conclusión de que por falta de recursos económicos, se han tenido que retrasar obras urgentes en beneficio de la ecología, que van desde plantas para el tratamiento de aguas negras, de gran importancia sanitaria, hasta instalaciones para tratamiento de desechos industriales.

Por lo anterior, se considera que, como un esfuerzo coordinado entre la industria petrolera y las autoridades competentes en la materia al realizar este tipo de convenios, se agrupan y redoblan esfuerzos para lograr las políticas y objetivos fijados en bien del desarrollo del país.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. La Ley de obras de PEMEX establece que la empresa pagará cualquier daño ambiental que ocasione por sus actividades, ¿qué método utilizan para la cuantificación de la reparación del daño, lo hace PEMEX por sí mismo sin un estudio previo, o es necesario que el afectado lo promueva?. Al parecer es necesario que se reglamente más específicamente a este respecto.

R. PEMEX sí paga cualquier daño que ocasione en el ambiente, pero de acuerdo a ciertos estudios que haga, sin embargo, hay veces que la parte afectada recurre a las autoridades y entonces se recurre a una tercería hasta llegar a un convenio.

P. ¿Existen en nuestro país Coordinaciones Intersectoriales o Comités de Bioseguridad que garanticen el oportuno concurso de acciones operativas y la realización de actividades específicas para proteger y restituir la salud humana, en aquellas situaciones de emergencia, por deterioro súbito del ambiente provocado por el escape o dispersión de hidrocarburos al medio?

R. Si, principalmente son los convenios que hay con el Gobierno y con ciertas entidades, como Chiapas y Tabasco.

P. En cuanto al problema de contaminación en la Ciudad de México, ¿qué actividades de protección ambiental realiza PEMEX?

R. Existe un estudio del aire en cuanto a emisiones de SO₂ y monóxido de carbono. El principal contaminante en el D.F., es el monóxido de carbono y no el SO₂, esto es debido a que la mayor parte de los automóviles no están carburados adecuada y correctamente y la combustión es incompleta.

Por otra parte, en la Refinería 18 de Marzo se ha cambiado el combustible por gas, gas que no contiene azufre y en ella se controla perfectamente la combustión, para que se convierta completamente en CO₂.

P. En los pantanos de Santa Alejandrina en Minatitlán, ¿qué tan grave ha sido el daño ecológico?, ¿qué medidas preventivas se han establecido para evitarlos? y ¿qué capacidad de restauración tendrán?

R. Desde que se iniciaron las actividades de la refinería de Minatitlán, ésta descargaba todas sus aguas residuales al pantano de Santa Alejandrina. Actualmente, se han llevado a cabo muchas actividades respecto a ello, se han recuperado 290,000 barriles de crudo y se han retirado de la superficie del pantano siete hectáreas de islas, éstas son conjuntos flotantes de hierba, tierra y materiales aceitosos. Además, se han estado poniendo barreras y utilizando equipos muy especializados para recuperar todos esos hidrocarburos. Junto al arroyo de San Francisco, había un ejido y éste se ha restaurado, entonces se tiene como meta retirar completamente todo el crudo que se haya derramado.

P. Se mencionó que una de las medidas a tomar, era la disminución de los contenidos de azufre del combustible y diesel, ¿cómo pretende PEMEX disminuirlo y cuando empezará?

R. En cuanto al combustible, tengo entendido que no hay ninguna tecnología actual para eliminar el azufre, en cuanto al diesel, PEMEX dispone de muchas plantas donde se practica la hidrosulfuración, proceso que permite bajar el contenido de azufre desde 2.4% hasta menos del 0.5% en el diesel.

CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL PROVOCADA POR PLANTAS GENERADORAS DE ELECTRICIDAD

Ing. Humberto J. López Rubalcava
Gerencia de Proyectos Termoeléctricos, CFE

INTRODUCCION

Hemos sido distinguidos con la invitación que nos formuló la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Programa Universitario de Energía y la Facultad de Ingeniería, para participar en esta reunión sobre un tema que debe ser de interés común, no sólo de los presentes, sino de todos los mexicanos.

Trataremos de exponerles a ustedes lo que representan para nuestro organismo los contaminantes y la contaminación, en el diseño y construcción de obras e instalaciones, que aún cuando sean de utilidad pública, no deben suscribirse a considerar los efectos que puedan causar en la población y en el medio en que vivimos, motivo por el cual está siendo de especial atención, colaborando así con las autoridades a obtener mejores resultados.

Es conveniente recordar que, para muchos lugares del país, la energía eléctrica, es el medio más elemental para su integración a la civilización y por otro lado, ha sido factor importante para el desarrollo industrial. De esta manera, en los últimos 10 años el sector ha experimentado un crecimiento con una tasa media anual del 9%, teniendo actualmente más de 19 millones de KW instalados en centrales de origen térmico e hidroeléctrico, en una proporción de 60% y 40%, respectivamente.

CAUSAS PRINCIPALES DE LA CONTAMINACION EN CENTRALES ELECTRICAS

Si bien la energía eléctrica es una de las formas de energía más limpias de que se puede disponer, dentro del proceso de su generación, en las etapas de construcción, operación y distribución, se producen diversos impactos ambientales, los cuales se manifiestan fundamentalmente en afectaciones al medio que tienen por origen las causas que se men-

cionan a continuación:

a) Emisiones Atmosféricas

La contaminación atmosférica producida por Centrales Termoeléctricas que queman combustibles fósiles es provocada principalmente por la emisión de partículas, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre. De éstos, el que presenta mayor problema en las centrales de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que queman combustible, es el de dióxido de azufre, debido al alto contenido de azufre en los combustibles mexicanos que durante 1983, osciló entre 2.5 y 4.0%; en el caso de Centrales Geotermoeléctricas se presentan emisiones de ácido sulfhídrico que viene asociado al vapor del subsuelo, y que también provoca degradación de la atmósfera.

b) Emisiones de Efluentes Térmicos de Sistemas de Enfriamiento

La contaminación térmica se presenta en las zonas costeras, originada por la descarga del agua de los sistemas de enfriamiento de un solo paso, que se calienta al condensar el vapor de escape de las turbinas, en el ciclo de generación termoeléctrica. Generalmente, el rango de calentamiento, con respecto a la temperatura original del agua de mar es de 5 a 10°C la cual al descargarse nuevamente al mar, provoca alteraciones ecológicas.

c) Emisiones de Aguas Residuales

Las aguas residuales de Centrales Termoeléctricas se originan de las purgas de las torres de enfriamiento, los efluentes de las plantas de tratamiento de agua de repuesto a calderas, aguas de lavado de equipo y servicios generales, los cuales debido a su contenido salino, acidez o alcalinidad, contenido de grasas, etc., pueden ocasionar problemas de contaminación, a los cuerpos receptores a los que se descargan. Por otro lado, en Centrales Geotermoeléctricas las

aguas separadas del vapor extraído del subsuelo, tienen contenidos elevados de salinidad y en especial de algunos compuestos de sílice, arsénico y boro, que de no manejarse adecuadamente, ocasionan problemas serios de contaminación.

d) Líneas y Subestaciones

Las líneas de transmisión y las subestaciones, afectan en menor escala a los usos del suelo y quizá en forma importante los aspectos estéticos del paisaje.

e) Embalses Hidroeléctricos

Los efectos principales son debidos a los impactos que se producen a la vegetación, fauna y asentamientos humanos. Se tiene una alteración en la calidad del agua por el almacenamiento de ésta, que afecta también a la biología de la corriente, provocando alteraciones al microclima-hidrología superficial y subterránea de la cuenca. Además se presentan los impactos socioeconómicos por la afectación a derechos de propiedad, creación de nuevos poblados, afectación de valores históricos-culturales y otros.

ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS AMBIENTALES EN LA CFE

¿Qué ha hecho, qué hace y qué hará entonces la Comisión Federal de Electricidad en favor de evitar más contaminantes, reduciendo en consecuencia la contaminación ambiental?

Desde que se generó la primera legislación al respecto que tuvo su publicación en 1971, la CFE ha estado atenta para estudiar, analizar, participar y trabajar en sus proyectos con un criterio y mentalidad que permitan dar satisfacción a esas normas tendientes al mejoramiento ambiental. De esta manera, se manejan las siguientes actividades básicas:

1. estudio del impacto ambiental
2. aspectos de reglamentación
3. diseño preliminar de los sistemas de protección y en forma complementaria la divulgación y la capacitación

Tanto el estudio de evaluación del impacto ambiental, como los aspectos de reglamentación ambiental (permisos, con-

cesiones, coordinaciones, etc.) se inician fundamentalmente durante la etapa de selección de sitios de una Central Eléctrica y el diseño preliminar de los diseños de protección se efectúa en la etapa de realización del proyecto.

Mediante el estudio de impacto ambiental, se identifican y evalúan los efectos ambientales en ambos sentidos, y de acuerdo a la reglamentación ambiental que se deba cumplir y de las posibilidades de la CFE estableciendo los sistemas de protección (Central Eléctrica ↔ Medio Ambiente). Una vez identificados los sistemas de protección se pasa al diseño preliminar de éstos, para finalmente al haber participado en la realización del proyecto de una Central Eléctrica, poder contribuir al establecimiento de criterios básicos de ingeniería ambiental. De aquí se derivan como metas las siguientes:

- prever la no ocurrencia de efectos negativos del medio ambiente sobre las Centrales Eléctricas o en su caso amortiguarlos, y en sentido inverso, prever la no ocurrencia de efectos negativos de las Centrales Eléctricas sobre el medio ambiente o en su caso amortiguarlos, cumpliendo con la reglamentación ambiental vigente
- seleccionar y diseñar los sistemas adecuados de protección, tanto para la Central Eléctrica como para el medio ambiente donde ésta se ubique
- establecer criterios básicos de ingeniería ambiental
- mediante estudios de impacto ambiental, se describirán, identificarán, predecirán y evaluarán los impactos ambientales producidos por el medio, sobre la fuente generadora de la acción, así como de la fuente sobre el medio, para una o varias alternativas de localización de la Central Eléctrica, realizando para esto un análisis de alternativas desde el punto de vista tanto económico como ecológico contra beneficio de la obra, recomendando las alternativas óptimas y las medidas de protección tanto para el medio ambiente como para la Central Eléctrica

Dado el ámbito tan amplio que comprenden estos estudios, para el interés particular de la CFE, se delimitarán éstos, cubriendo sólo aquellos factores ambientales que previo análisis preliminar del emplazamiento de la Central

Eléctrica y su medio, deberán incluirse por la potencialidad que éstos tengan de originar impactos significativos.

Para la ejecución de las medidas de protección o atenuación de los impactos ambientales resultantes, la CFE realiza todas aquellas que por sí misma pueda llevar a cabo sin invadir funciones que correspondan a otros organismos o instituciones; en caso de que se presenten actividades que estén fuera del ámbito de acción de la CFE, se realizarán las coordinaciones interinstitucionales necesarias a fin de efectuar las actividades de protección ambiental requeridas.

Los sistemas de protección seleccionados se diseñarán a nivel preliminar, indicando su costo, eficiencia, tipo y dimensionamiento y demás características complementarias. Además se obtendrán y proporcionarán todos aquellos parámetros básicos que sirvan de apoyo para el diseño definitivo.

Del análisis de tecnologías y experiencias obtenidas, se prepara un manual de criterios básicos de ingeniería ambiental, de los que resultan las recomendaciones para los manuales de criterios de ingeniería conceptual de los proyectos.

Los límites de tiempo se fijarán de acuerdo a la fecha de inicio de los estudios de selección de sitios y a la fecha de terminación de los estudios de ingeniería conceptual.

Los límites de espacio o área geográfica en la que se verificará el estudio, se delimitarán en relación a las características particulares del proyecto en cuestión.

La programación de los estudios para su ejecución será dinámica y flexible de acuerdo con la revisión y actualización del "POISE", correspondiendo a cada proyecto de Central Eléctrica un estudio de protección ambiental. Se especificarán para cada estudio los aspectos de: supervisión, asesoría, evaluación y control de estudios, en relación a coordinaciones y recursos internos disponibles y al empleo de recursos externos con que se cuente para su ejecución.

El contenido básico de los estudios de protección ambiental será el que a continuación se indica, en el entendido de que el desglose a detalle de éste se hará para cada estudio y proyecto en particular:

- descripción general del proyecto

- alternativas de localización
- descripción del sistema ambiental existente
- identificación de impactos (medio ambiente ↔ central eléctrica)
- predicción de impactos (medio ambiente ↔ central eléctrica)
- evaluación de impactos (medio ambiente ↔ central eléctrica)
- medidas correctoras o amortiguadoras de los impactos (medio ambiente ↔ central eléctrica)

Derivando entonces lo siguiente:

- selección de sistemas de protección
- diseño de sistemas de protección
 - a la central eléctrica
 - al medio ambiente
 - a ambos

Por último, se hará un resumen de resultados de los estudios de evaluación de impacto ambiental así como de selección y diseño de los sistemas de protección y formulación de criterios básicos de ingeniería y formulación de recomendaciones para el manual de criterios de ingeniería conceptual de los proyectos.

MEDIDAS ADOPTADAS POR CFE

La CFE consciente de que puede ocasionar daños al ambiente por las actividades que realiza y dentro del desarrollo de su industria ha estado aplicando las siguientes medidas de protección ambiental:

- a) Prevención de la Contaminación Atmosférica

A partir de 1980, para cumplir con la Norma propuesta, CFE decidió utilizar chimeneas elevadas del rango de 80 a 120 metros, ya que mediante su empleo se pueden aprovechar los mecanismos naturales de difusión y dispersión atmosférica para disminuir las concentraciones a nivel del suelo y acercarlas a los valores propuestos por la Norma, aún cuando la emisión total de contaminantes siga siendo la misma. Sin embargo, el uso de chimeneas elevadas no elimina la causa de la contaminación. Por otra parte el costo de las chimeneas se

incrementa sustancialmente con su altura y, en las instalaciones en operación existen serias dificultades económicas y prácticas para incorporarlas. En la Tabla I se muestran los proyectos en los cuales se construyeron chimeneas con estas características y la inversión requerida.

La Tabla II muestra los proyectos termoeléctricos próximos a construirse, en los que ya se ha definido la altura de las chimeneas en base a la utilización de modelos de dispersión.

Los modelos matemáticos que se utilizan en la determinación de la altura de chimeneas, han sido previamente discutidos con las autoridades. Es necesario hacer hincapié en que la aplicación de estos modelos, requiere de una gran cantidad de datos meteorológicos. Como en un principio se encontró que había carencia de estos datos, la CFE se vio en la necesidad de establecer un programa para la adquisición, instalación y operación de equipo meteorológico.

Además de la inversión realizada para la adquisición de dichos equipos, ha sido necesario establecer un grupo de trabajo para todas las actividades asociadas con la obtención y procesamiento de datos meteorológicos. Para el caso de centrales que utilizan carbón como combustible, que es el caso de la de Rfo Escondido en Coahuila, donde el carbón es sub-bituminoso con 37% de cenizas y que con la central a toda capacidad producirán 5,000 toneladas diarias de esas cenizas, se efectuaron estudios con el apoyo de las autoridades y la asesoría de la UNAM a través del Instituto de Ingeniería. Dichos estudios dieron como resultado la inclusión en el diseño de la Central, de lo siguiente:

- chimeneas de 120 m de altura para cada una de las cuatro unidades
- precipitadores electrostáticos individuales para retener las cenizas contenidas en los gases de combustión. Dichos precipitadores tendrán una eficiencia mínima de 99%. Previamente se había definido de común acuerdo con las autoridades que la eficiencia requerida sería de 97.4%, sin embargo, se decidió dejar un margen para prevenir cualquier eventualidad, especificándose así para los precipitadores una eficiencia mínima de 99%. La inclusión de estos sistemas ha significado una inversión de 535 millones de pesos de 1981. Para centrales geotermoeléctricas, se contempla la incorporación de sistemas de

combustión del sulfhídrico y posterior absorción en la salmuera evitando con esto, los problemas causados por este compuesto. En relación con el reglamento que establece la obligación de instalar opacímetros en las plantas que operen con combustóleo, diesel y carbón, los proyectos continúan implementando la instalación de estos equipos en cada una de las chimeneas de las unidades que integran las centrales.

b) Prevención de la Contaminación por Descargas Térmicas de Efluentes Líquidos

Con objeto de cumplir con la reglamentación existente, a partir de 1978, CFE ha patrocinado estudios ecológicos de la zona marina, adyacente a la ubicación de la central termoeléctrica, con objeto de determinar y cuantificar en lo posible el impacto ambiental causado por dichas descargas. Estos estudios han sido realizados con el apoyo de instituciones de educación superior de reconocido prestigio en dichas áreas.

Una fuerte limitante es lo indicado en el reglamento con relación a la temperatura máxima, ya que en muchos casos, en la temporada de verano la temperatura natural del agua de mar es igual o mayor a los 32°C, con lo que sería imposible su empleo en los sistemas de enfriamiento.

La mayoría de los estudios realizados por CFE, indican que se puede llegar a temperaturas de descarga del orden de 38°C, que combinados con una mezcla adecuada en la zona de descarga, provocan efectos mínimos en el equilibrio ecológico puntual.

Debe considerarse que mientras más baja sea la temperatura de descarga, las superficies de transferencia de calor se incrementan y consecuentemente los costos de inversión y de operación de dichos sistemas.

Sin embargo, en todos estos casos CFE ha implementado las medidas de mitigación recomendadas, e inclusive ha modificado la ubicación de algunas centrales, en los casos en que el antagonismo ambiental por este concepto es muy grande (Xcaret).

En todos los casos se ha convenido con las autoridades ambientales las temperaturas máximas permisibles de las descargas, en función de la información aportada por los estudios ecológicos.

c) Prevención de la Contaminación por Descarga de Aguas Residuales

Dado que el problema de los contaminantes de aguas residuales de termoeléctricas, está directamente relacionado con el uso que se le da a las mismas en el proceso de generación, las medidas que ha adoptado CFE es la de separar los efluentes de cada tipo y darles un tratamiento adecuado.

Así el agua de purga de torres de enfriamiento que únicamente tiene un contenido de sólidos mayor que el agua original, pero tolerable para usos agrícolas o pecuarios, pueden descargarse directamente y utilizarse por otros usuarios con beneficios sociales o bien recibe el tratamiento correspondiente para su reuso o descarga con características adecuadas.

En relación a las aguas ácidas o alcalinas, se llevan a fosas de neutralización, antes de su descarga; las aguas contaminadas con aceite o grasas se envían a fosas separadoras, los efluentes sanitarios a plantas de tratamiento de aguas negras, etc.

Por otro lado, y en base a experiencias anteriores, se tienen separados los drenajes para evitar la mezcla de aceites y combustibles con los sistemas de descarga de aguas residuales evitando en lo posible los riesgos imprudenciales.

El agua separada de yacimientos geotérmicos como en los Azufres, Mich., se reinyecta al mismo yacimiento, con lo que se evita la contaminación causada por los elementos nocivos y además se aumenta la recarga del reservorio.

En el campo de Cerro Prieto, se efectúa una concentración por evaporación solar, para que posteriormente FERTIMEX aproveche la salmuera en la obtención de potasio para la fabricación de fertilizantes. Adicionalmente, se hacen estudios de recuperación de elementos tales como el litio, en los que el país no cuenta con depósitos minerales, y que tienen alto valor económico.

CFE considera que las descargas de aguas residuales de sus centrales no ocasionan problemas ambientales y por el contrario en algunos casos, se obtienen beneficios adicionales.

d) Prevención de la Contaminación por Desechos Sólidos

Se considera un problema menor de las centrales eléctricas nacionales, a

excepción de las carboeléctricas. Dentro de este tipo de plantas, se encuentra la planta termoeléctrica de Río Escondido, la cual dispone de sistemas completos para el manejo de ceniza de fondo y ceniza volátil. Antes de dispersarse las cenizas serán humedecidas, transportándose en estas condiciones a un sitio de disposición en donde se compactarán. Además, se ha considerado la utilización de las cenizas que se produzcan por dicha central, como materia prima para la fabricación de cementos puzolánicos.

OTRAS MEDIDAS NECESARIAS

a) Contaminación Atmosférica

La medida fundamental utilizada en otros países con excelentes resultados consiste en evitar el uso de combustibles cuyo contenido de azufre exceda al 2%. Otras medidas tales como el uso de chimeneas altas tienen un carácter complementario y se utilizan para resolver problemas locales. Por las razones anteriores, resulta conveniente examinar la alternativa de desulfurización de crudo o combustóleo. La desulfurización del combustible significa el pretratamiento del mismo para reducir su contenido de azufre antes de ser quemado en las calderas. Este proceso puede aplicarse en refinerías como tratamiento primario al crudo o secundario al combustóleo, con beneficios no solamente en el ámbito de la contaminación ambiental, sino además aumentando la vida útil de calderas para uso eléctrico o industrial.

b) Descargas Térmicas

Se considera que el concepto de zona de mezclado debería contemplar el efecto de la rápida disipación térmica que tendrán las descargas al verterse al mar, por efecto del gran volumen de éste, con lo cual no se limitaría a los 32°C al punto de descarga sin considerar la gran área de mezclado disponible, que minimizaría el impacto térmico.

RECOMENDACIONES

a) Relacionadas con la Contaminación Atmosférica

El tratamiento de los combustóleos pudiera ser realizado por cada uno de los usuarios o bien directamente en la industria petrolera. Debido a que los usuarios industriales de menor tamaño no tendrían los recursos adecuados para

resolver este problema, se recomienda que Petróleos Mexicanos sea la institución que se avoque a la resolución del mismo, aún cuando el costo pudiera ser compartido con los propios usuarios.

En relación con el uso de chimeneas elevadas se recomienda que se examinen las condiciones y los requerimientos atmosféricos de cada sitio para adecuar la reglamentación, evitando así inversiones excesivas.

b) Relacionadas con la Contaminación por Descargas Térmicas

Se considera conveniente que se revise, conjuntamente con SEDUE, el límite de temperatura establecida y el concepto de zona de mezclado indicado en el reglamento vigente, con el fin de convenir valores adecuados para las diferentes regiones costeras, que equilibren el uso potencial del agua de mar como medio de enfriamiento, con relación a los efectos medibles del impacto ecológico causado por descargas térmicas, teniendo como respaldo los estudios técnicos correspondientes.

c) Relacionadas con la contaminación por Descarga de Aguas Residuales

CFE estima conveniente que se definan y agilicen los trámites correspondientes al establecimiento de características de descarga de aguas residuales, ya que aún existe ambigüedad en las atribuciones de la SARH y SEDUE que en muchas ocasiones retrasan las actividades de ejecución de plantas termoeléctricas.

CONCLUSION

De lo anteriormente expuesto, se puede considerar que la CFE, está realizando un esfuerzo, tanto para regularizar el licenciamiento de las plantas actual

mente en construcción que no habfan cumplido con los requerimientos establecidos, como para que en todos los nuevos proyectos en fase de diseño se tomen en consideración los criterios de protección ambiental.

Esto último lo consideramos de fundamental importancia, ya que significa que en los futuros proyectos eléctricos se contará con una filosofía basada en procedimientos y criterios de diseño del Sector Eléctrico para evaluar, conjugándolo con el crecimiento que en el campo de electrificación requiere el país. En el campo de las centrales hidroeléctricas y a pesar de que aún no se ha captado claramente, se han realizado y se continúan efectuando verdaderos estudios de carácter socioeconómico que, además del conocimiento de la información elemental para cumplir con una obligación agraria, permite formar los criterios fundamentales para atender y resolver los aspectos de impacto ambiental y ecológico.

En el caso de la industria eléctrica en particular, la CFE, puede realizar los estudios que de común acuerdo resulten necesarios con el fin de determinar en lo general y lo particular cuales serán los medios o sistemas que sean aplicables para el control de la contaminación, buscando lograr el equilibrio entre el deterioro al medio ambiente, los recursos que pueda asignar la empresa a este fin y el precio que la sociedad esté dispuesta a pagar para lograr este beneficio.

La CFE, ve con interés y participa en forma activa en foros como éste convocado por la Universidad Nacional Autónoma de México para que la implantación de nuevas disposiciones y reglamentos relativos a la contaminación se realice en forma conjunta con el establecimiento de normas y procedimientos de prueba, lo que hará más simple la tarea a realizar en el campo de la contaminación.

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. El Instituto del Desierto de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ha advertido que la reserva de los mantos freáticos que abastece a la Ciudad de San Luis Potosí se agotará dentro de 10 ó 15 años debido a la explotación actual, y declaró públicamente hace dos semanas que la nueva termoeléctrica instalada en la zo

na termal de Gogorrón, castigará aún más los mantos freáticos de la zona considerada como la reserva acuífera de la ciudad, situada en la región más desértica del Estado. ¿Sería posible dar a conocer la manifestación del impacto ambiental que la CFE preparó para esa termoeléctrica?, ¿podría usted darnos alguna orientación

sobre las consideraciones que se hicieron en relación con la selección de este sitio para ubicar la planta?

- R. Cuando se inició la construcción de esta central no existía propiamente, como mecánica, la presentación de lo que ahora se conoce como una manifestación del impacto ambiental dentro de la circunstancia que ha establecido SEDUE. Se hicieron diferentes estudios de selección de sitios, entre ellos se consideró el aspecto ambiental, que en un momento dado se hizo del conocimiento de las autoridades ambientales, y en este caso se podría contactar a la representante estatal de SEDUE para conocer esta información. Respetamos mucho la opinión del Instituto, pero si quisiera aclarar que hemos estado trabajando de común acuerdo con Recursos Hídricos para que la extracción del recurso agua en esa zona no cree conflictos en el interés del uso de la misma, a fin de proteger los otros posibles usos del agua en esa región, tanto humano como agropecuario, los estudios hidrológicos realizados garantizan esta circunstancia.

La orientación en cuanto a las consideraciones para la selección de ese sitio, fundamentalmente son por la demanda de energía eléctrica en la zona inmediata, es decir, en los Estados del Bajío, por otro lado, justamente en esa zona se detectó, gracias a los estudios que realizó Comisión, un potencial que se consideró suficiente para las necesidades de agua de la Central, y finalmente, el abastecimiento del combustible, la cercanía y ubicación de la refinería de Salamanca y el sistema de gasoducto que tiene PEMEX en esa zona.

- P. Se sabe que las descargas residuales con alto grado de boro y arsénico de la geotérmica de Los Azufres están afectando irreversiblemente grandes áreas agrícolas, ¿qué se está haciendo para evitar que el boro y el arsénico sigan dañando otras extensiones agrícolas del Valle de Queréndaro?
- R. En estos momentos son mínimas las descargas de aguas residuales, dado que sólo se tienen pozos a nivel de exploración para la zona de Los Azufres y actualmente no hay unidades en operación. Estas aguas se están reinyectando y el proyecto total de la Central, abarca la reinyección total de las aguas de separación hacia la zona del Lago de Cuitzeo, de tal manera que no se provoque un problema de tipo ambiental, estamos hablan

do de reinyectar a profundidades iguales o mayores a las de los pozos geotérmicos, que tienen una profundidad promedio de 2000 metros.

- P. ¿En cuanto a la contaminación de los huertos de guayaba y plantíos de hortalizas por boro y arsénico en la zona de Los Azufres (San Pedro Bocanazo), que hizo o está haciendo la Comisión Federal de Electricidad?

R. Creo que ya quedó contestada con la respuesta anterior, pero definitivamente, el boro sólo afecta a cierto tipo de plantíos de hoja ancha, no necesariamente a todas las plantas, en este caso, los huertos de guayaba no sufrirán ningún deterioro, por el contenido de boro. Se han hecho diversos estudios para ver realmente que tipo de vegetación puede sufrir algún daño y en caso necesario promover usos agrícolas hacia otro tipo de cultivos más resistentes, creo que con esto queda claro lo que se planea para el manejo de esas aguas residuales.

- P. ¿Cuál fue la razón de localizar la termoeléctrica cerca de la Isla de Tiburón, tan lejos de cualquier población? y ¿por qué Rosarito, Baja California?

R. La termoeléctrica de la Isla de Tiburón, se instaló en esa zona, por un requerimiento local de energía, hay que tomar en consideración que la parte norte del estado de Sonora tiene un gran desarrollo minerometalúrgico que demanda una considerable cantidad de energía eléctrica, entonces, para la generación de esta energía en el caso de centrales termoeléctricas necesitamos dos elementos importantes, en grandes volúmenes. Uno es el agua para los sistemas de enfriamiento que se requieren en este tipo de unidades, del orden de 15 m³ por segundo por unidad, esto de alguna manera nos da la tendencia a ubicarlas en lugares cercanos a la costa. El segundo elemento es el consumo de combustible, el cual es del orden de 1000 m³ por día por unidad. En consecuencia, la ubicación en esa zona obedeció primero que nada, a tener en la costa el recurso agua y la posibilidad del suministro de combustible por medio de un buque-tanque de PEMEX. En específico, se hizo un barrido en un área considerable, desde Puerto Peñasco hasta Bahía Quiro, y en ese sitio se encontraron las condiciones particulares de profundidad para el calado de los barcos, condiciones adecuadas para que

no hubiera una recirculación de agua caliente de la salida a la entrada de los sistemas de enfriamiento. Dentro de las consideraciones ambientales, se analizó que es una zona en la que podían tener poca influencia las descargas térmicas para el medio circundante, la zona tiene corrientes marinas que hacen que la difusión se logre rápidamente.

En el caso de Rosarito, ésta se instaló hace bastantes años (aproximadamente 20) y estaba a 20 ó 25 Km de la población de Tijuana. Con el desarrollo urbano se ha creado un co-

rredor poblacional desde Tijuana hasta Rosarito, por lo que la Central se ha visto envuelta por la mancha urbana de la propia Ciudad, en su oportunidad no se preveían este tipo de efectos, en ese tiempo no se tenía en cuenta la idea de un crecimiento tan grande de la Ciudad. Comisión Federal de Electricidad actualmente está analizando algunas alternativas que puede tomar para tratar de mitigar el efecto de la operación de la Central, hacia el medio, en el que ahora se encuentra ubicada. Esto es consecuencia del desorden de los asentamientos humanos en el país.

TABLA I
 PROYECTOS EN LOS QUE SE INSTALARON CHIMENEAS

PROYECTO	NUMERO DE UNIDADES	NUMERO DE CHIMENEAS	ALTURA m	COSTO	1 9 8 1
MANZANILLO I	2 x 300 MW	2	120	175 000 000	
CIUDAD JUAREZ	2 x 158 MW	1	77	40 000 000	
PUERTO LIBERTAD	4 x 158 MW	2	120	180 000 000	
SAN LUIS POTOSI	2 x 350 MW	1	114	200 000 000	

TABLA II
 PROYECTOS EN LOS QUE SE INSTALARAN CHIMENEAS
 DEFINIDAS EN BASE A MODELOS DE DISPERSION

PROYECTO	NUMERO DE UNIDADES	NUMERO DE CHIMENEAS	ALTURA m
TORREON	4 x 160 MW	2	120
TUXPAN	4 x 350 MW	2	120
MANZANILLO II	2 x 350 MW	1	120

EFFECTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA PLANTA NUCLEAR DE LAGUNA VERDE

Ing. Roberto Treviño
Ing. José Raul Ortíz Magaña
Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias

INTRODUCCION

Es a partir de la creación de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias cuando esta Institución inicia la revisión del estado de avance del Licenciamiento del Proyecto Nucleoeléctrico de Laguna Verde, observando que no obstante haber transcurrido seis años de la iniciación del proyecto, ninguna autoridad nacional había solicitado un informe ambiental para evaluar los efectos que sobre el ambiente causaría la construcción y operación de las dos unidades nucleoelectricas de dicho proyecto.

La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con base en las atribuciones que la Ley le otorga respecto a la seguridad nuclear, física, radiológica y de salvaguardias procedió a la elaboración de un documento guía que indicara la forma y el contenido de la información que la Comisión Federal de Electricidad debía entregar para que autoridades competentes en la materia evaluaran los efectos ambientales producidos por las plantas nucleoelectricas durante su construcción, operación normal o en caso de accidentes.

En este trabajo se describen los efectos ambientales producidos por las centrales nucleares, el documento guía para la elaboración del informe ambiental, la reglamentación utilizada para su evaluación y el estado de evaluación de los efectos ambientales de la Planta Nucleoelectrica de Laguna Verde (PNLV).

EFFECTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR CENTRALES NUCLEARES

Los efectos ambientales que puede producir una central nucleoelectrica dependen en gran parte de su localización con respecto a los centros de consumo de energía eléctrica, áreas pobladas, aguas superficiales, tierras agrícolas,

topografía del terreno, meteorología, etc. Por lo tanto, las consideraciones para el emplazamiento de una central nuclear deben ser muy estrictas por las liberaciones de sustancias radiactivas durante operación normal, liberación potencial en situaciones de emergencia y en la fase post-operacional cuando se tenga que llevar a cabo el paro definitivo.

Además deberán observarse los efectos producidos durante la selección y preparación del sitio, la construcción de la central y por las descargas térmicas, de desechos sanitarios y de productos químicos y biocidas.

EFFECTOS NO RADIOLOGICOS

a) Necesidades de Terreno

Las necesidades de terreno pueden variar de planta a planta dependiendo de la localización de las mismas respecto a aguas superficiales, áreas de población, tipo y tamaño del reactor y a las condiciones meteorológicas. En Estados Unidos se ha estimado un requerimiento de 40 Ha por 1000 MW(e). Además, es necesario terreno adicional para el patio de distribución y las líneas de transmisión.

Un problema muy importante, relacionado con el uso de la tierra, puede surgir de la necesidad de controlar los patrones de población cerca de las grandes centrales nucleoelectricas. Las evaluaciones del impacto ambiental tratan de considerar, a largo plazo, las tendencias de la población, sin embargo, la selección del sitio normalmente supone que las áreas de baja densidad de población cerca de una central, conservarán su carácter normal, aunque la zona se convierta en un polo de atracción para nuevas industrias y para sus empleados.

Otro aspecto que debe observarse, es

el producido por las actividades de preparación del sitio y la construcción de la central, tales como: limpieza del terreno, excavación, construcción de caminos de acceso, etc., y por la construcción, conservación y mantenimiento de los sistemas de transmisión.

b) Descargas Térmicas

El calor producido por la fisión en el núcleo del reactor se extrae por medio de refrigerantes apropiados que a su vez hacen funcionar la turbina para operar el generador y producir electricidad. En la descarga de la turbina el vapor se condensa para aumentar la conversión de energía. En este proceso, se desecha una gran cantidad de calor; esta cantidad es considerablemente mayor que el calor equivalente a la energía eléctrica generada.

La eficiencia térmica de los reactores de agua ligera es de aproximadamente el 33%, lo que significa que casi los dos tercios de la energía calorífica generada en el núcleo del reactor tiene que desecharse al ambiente en las cercanías de la central nuclear.

Debe hacerse notar que las descargas térmicas no están restringidas a las centrales nucleares, también se producen en centrales eléctricas de combustible fósil.

Una central nucleoelectrónica de agua ligera de 1000 MW(e) con una eficiencia térmica del 33% descarga en el condensador, aproximadamente 2000 MW(t). Si la rapidez de flujo del agua de enfriamiento es de 50 m³/s, la temperatura del agua en la salida del condensador tendrá un incremento de 10°C.

El agua para enfriamiento se extrae de una fuente apropiada (río, lago, mar etc.); se pasa a través del condensador y se regresa al cuerpo de agua; finalmente el sumidero caliente desprende su calor extra a la atmósfera. Un sistema como éste, puede causar cambios ambientales inaceptables, para evitar esto, el agua caliente se pasa a través de estanques o torres de enfriamiento para regresarla nuevamente al condensador. Los estanques de enfriamiento son baratos, pero requieren un área de terreno bastante grande.

Las torres de enfriamiento crean enormes plumas de vapor de agua que pueden causar problemas de formación de niebla y hielo. Además pueden causar contaminación con productos químicos durante las purgas. Otro efecto es que las torres constituyen un obstáculo pa-

ra el tránsito aéreo y para el paso de las aves migratorias.

El calor liberado de las centrales nucleares influye sobre toda la actividad biológica del cuerpo de agua receptor produciendo cambios favorables o desfavorables en el ecosistema. El efecto ambiental más notorio de algunas centrales se debe a la muerte de peces, resultante del diseño no apropiado de las obras de toma, lo que lleva al choque y mutilación de peces sobre las mallas utilizadas para evitar la entrada de basura, o debido al impacto térmico producido sobre los organismos por el cambio de estaciones o por el apagado de la central. Además pueden producirse efectos combinados por la descarga térmica, radiactiva y de productos químicos y biocidas.

EFEECTO RADIOLOGICO

Durante la operación de las plantas nucleoelectrónicas se forman radionúclidos por la fisión nuclear del combustible y por activación neutrónica de los materiales estructurales, productos de corrosión e impurezas en el agua de enfriamiento del reactor. Una parte de los radionúclidos puede escapar hacia el refrigerante a través de las fisuras en el encamisado del combustible. La mayor parte de los isótopos radiactivos liberados en el refrigerante o moderador son eliminados por los sistemas de tratamiento de desechos líquidos y gaseosos, no obstante, una parte de este material radiactivo se puede liberar al ambiente.

De la gran variedad de radionúclidos generados por las operaciones del reactor, algunos son muy importantes; ya sea por la facilidad con que aparecen en las corrientes de efluentes o por su importancia radiológica.

EFLUENTES TRANSPORTADOS POR EL AIRE

En los efluentes transportados por el aire son muy importantes los gases nobles productos de la fisión, los yodos radiactivos, el tritio y las partículas resultantes del decaimiento de los gases nobles productos de fisión.

En la Tabla I se muestran los gases nobles liberados en reactores de agua ligera.

EFLUENTES LIQUIDOS

Los líquidos que contienen varios radionúclidos y pueden liberarse durante la operación del reactor, se producen no sólo por fugas en la frontera del reactor sino también se deben a varias descargas. En algunos casos una cantidad importante de actividad puede surgir de las albercas de almacenamiento de combustible quemado.

Los efluentes líquidos se tratan en el sistema de tratamiento de desechos líquidos, la radiactividad residual que sale después del tratamiento se descarga mezclada con la corriente del agua de enfriamiento al medio acuático. En la Tabla II se resumen los radionúclidos que se encuentran en los efluentes líquidos.

DESECHOS SOLIDOS

Los desechos sólidos radiactivos pueden producirse en grandes cantidades por la operación del reactor; la naturaleza y nivel de radiactividad de tales desechos depende de las fuentes de producción. En el caso de no reciclar el combustible quemado, los elementos gaseados que contienen grandes cantidades de productos de fisión junto con los elementos transuránicos y uranio no quemado se clasifican como desechos sólidos.

Las columnas de resinas y filtros usados para eliminar la actividad de las corrientes de efluentes líquidos y gaseosos formarán desechos sólidos con una concentración de radionúclidos bastante alta.

Las partes activadas o contaminadas del reactor o de los sistemas, que son quitadas durante las operaciones de reparación y mantenimiento, caen dentro de la categoría de desechos sólidos de alto nivel. Una fuente menos significativa de desechos radiactivos sólidos es el material contaminado tal como guantes, material de laboratorio, etc., que se utilizan en operaciones con sustancias radiactivas.

EXPOSICION A LA POBLACION

Los radionúclidos liberados en los efluentes líquidos y gaseosos durante la operación del reactor, sufren una serie de complejos procesos químicos, físicos y biológicos antes de llegar al

hombre. Tales procesos dependen de la localización del reactor, las condiciones meteorológicas y las diferentes rutas de exposición (Figuras 1 y 2).

Los gases nobles producen una dosis de irradiación directa por inmersión en la pluma radiactiva. El tritio y los yodo radiactivos contribuyen a la dosis principalmente por inhalación y posteriormente por ingestión.

Las actividades de las partículas liberadas pueden ser variables pero son relativamente bajas. Producen dosis por inmersión y por ingestión vía inhalación mientras el material permanece en el aire y por ingestión y exposición directa proveniente del suelo contaminado.

Los radionúclidos descargados en los efluentes líquidos radiactivos pueden dar por resultado dosis al hombre a través del agua potable y consumo de pescado para las liberaciones en agua dulce y de consumo de pescados y mariscos de agua salada para las liberaciones en el océano. Además, una parte de la población estará expuesta a irradiación externa proveniente de los sedimentos en las playas. En áreas donde se practica la irrigación de las cosechas especialmente cuando se utiliza el riego por aspersión, ésta puede resultar una ruta muy importante. La ingestión de aves acuáticas y la exposición por inmersión no se consideran contribuyentes significativos a la dosis. Los efectos ambientales de los desechos radiactivos sólidos no son significativos a corto plazo.

ACCIDENTES DEL REACTOR

En accidentes del reactor, el inventario de productos de fisión en el núcleo será el origen de los riesgos y la causa del daño ambiental, aunque las liberaciones de estos productos dependerán del tipo de reactor, las salvaguardias de diseño incorporadas, el comportamiento de los sistemas de contención y la naturaleza del accidente. Después de una liberación accidental de material radiactivo a la atmósfera existe la posibilidad de un riesgo radiológico a personas que se encuentren en la dirección del viento. Parte de este riesgo se origina directamente del paso de la nube de material radiactivo transportado por el aire.

La radiación gamma externa emitida por la nube causará una dosis al cuerpo entero y la radiación beta causará una dosis menos peligrosa a la piel. Las personas que inhalen el aire retendrán

material radiactivo en los pulmones y recibirán una dosis, especialmente del material insoluble.

Los núclidos solubles pasarán de los pulmones al torrente sanguíneo de donde serán acumulados por los diversos órganos del cuerpo, dependiendo de la fracción absorbida, de factores bioquímicos y de otros, por ejemplo: los isótopos de yodo causarán una dosis a la glándula tiroides.

El paso de la nube de material radiactivo a nivel del suelo, en la dirección del viento, contaminará el suelo, la vegetación y los edificios. Debe considerarse la dosis gamma producida por el material depositado en el suelo.

Cuando la radiación externa termina, un riesgo muy importante puede ser la inhalación de material radiactivo depositado en el suelo que es resuspendido por las actividades del hombre y los animales.

En general, considerando los medios ambientes contaminados con cualquiera de los isótopos presentes, habrá riesgo de contaminación de la piel, que con un cuidado razonable y un lavado regular se controlará fácilmente, sin embargo, la contaminación de vegetales verdes y cosechas probablemente necesitará una acción de control en las áreas contaminadas.

DOCUMENTO GUIA PARA ELABORAR EL INFORME AMBIENTAL DE LA PLANTA NUCLEAR DE LAGUNA VERDE

La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias elaboró un documento guía que indica la forma y contenido de la información, que la Comisión Federal de Electricidad debe presentar para que autoridades competentes en la materia puedan evaluar los efectos ambientales causados por la construcción y operación de la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde. En este documento guía, específico para Laguna Verde, se solicitó una descripción detallada de:

- aquellas características físicas, biológicas y humanas del medio ambiente del área, que podrían ser afectadas por la construcción y operación de la planta
- los sistemas de la planta relacionados con la liberación de efluentes
- la interacción de la planta y el

medio ambiente y las medidas planeadas para reducir algunos de los efectos indeseables sobre el medio ambiente, causados por la operación de la planta

- los medios a través de los cuales se obtuvieron los datos de la línea base presentados y los planes y programas para el monitoreo de los efectos ambientales de la preparación del sitio, construcción y operación de la planta
- los efectos ambientales potenciales de accidentes que involucran a la planta
- los controles administrativos relacionados con la organización y dirección, procedimientos, revisiones y auditorías, registros e informes que son necesarios para asegurar la protección del ambiente.

El contenido detallado del documento guía se presenta en el Anexo I.

REGLAMENTACION

Debido a que en nuestro país no existe una reglamentación específica para condicionar o limitar las cantidades de material radiactivo liberadas al ambiente por plantas nucleares, se considera como criterio aplicable no rebasar las limitaciones establecidas en los países con un desarrollo nuclear más avanzado, las cuales han sido establecidas con base en los criterios y procedimientos señalados por organizaciones internacionales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica y aceptados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), del cual nuestro país es miembro signatario de un gran número de acuerdos y convenios relativos a la aplicación pacífica de la energía nuclear, lo que nos obliga a su cumplimiento.

En virtud de que la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde fue diseñada en Estados Unidos y los valores de diseño se basan en normas de dicho país, es razonable pensar que se cumpla con esta reglamentación sin necesidad de modificaciones o ajustes. Además, existe el acuerdo del 2 de diciembre de 1975 celebrado entre las autoridades de la CFE y el extinto INEN respecto al marco de referencia que se seguiría en el proceso de licenciamiento de la PNLV-U1, que establece que en ausencia de reglamentación nacional en la materia, se utilizarían los lineamientos empleados en los

Estados Unidos por ser el país de origen del fabricante del reactor y de las compañías contratadas para los servicios de ingeniería, diseño, garantía de calidad, etc.

Entre las leyes, códigos y reglamentos nacionales que se utilizan como marco de referencia para limitar las descargas sanitarias, térmicas y de productos químicos y biocidas se menciona la siguiente reglamentación:

- Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas
- Ley Federal de Protección al Ambiente
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la emisión de Humos y Polvos
- Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias
- Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos.

EVALUACION DE LOS EFECTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA PLANTA NUCLEAR DE LAGUNA VERDE

La Comisión Federal de Electricidad ha entregado para su evaluación, cinco de los seis capítulos del informe ambiental, con los que el Area de Impacto Ambiental de la CNSNS ha iniciado la evaluación de los efectos ambientales de la PNLV. La información presentada ha sido evaluada por medio de visitas al sitio, por confrontación y verificación de los datos obtenidos de corridas de cómputo contra los valores existentes en la reglamentación, normas y criterios nacionales y en la bibliografía relacionada con el tema y cuando surgen dudas o incongruencias por medio de preguntas y respuestas.

Actualmente se ha evaluado aproximadamente el 75% de la información presentada; durante esta evaluación han surgido 38 preguntas sobre dudas e incongruencias detectadas, CFE ha respondido a 29 de ellas.

Recientemente se han encontrado algunos problemas relacionados con las obras

de toma y descarga del sistema de enfriamiento y un posible problema de recirculación de agua caliente. Además, se han detectado inconsistencias entre los valores de dosis presentados por la CFE y en la información sobre hábitos alimentarios.

Para aclarar estas dudas se formularán preguntas sobre estos problemas e inconsistencias para lograr su solución. Una vez terminada la evaluación de los efectos ambientales producidos por la PNLV, la CNSNS preparará un Informe Final de Evaluación, que aunado a otros requisitos servirá de base para otorgar la licencia de operación de la planta en cuestión.

PROPOSICIONES Y SOLUCIONES

- En la evaluación de los efectos ambientales producidos por la construcción de nuevas centrales nucleares deberán evaluarse los efectos producidos por la selección y preparación del sitio, que no fue posible evaluar en el caso de la PNLV por haber recibido el informe ambiental después de iniciada la construcción. Para este fin la CNSNS está elaborando una guía para la elaboración de los informes ambientales de aplicación general.
- Para integrar, en la evaluación de los efectos ambientales de la PNLV, las evaluaciones de los aspectos del informe ambiental que competen a otras Instituciones Federales y evitar conflictos y duplicación de esfuerzos, la CNSNS y las instituciones involucradas deberán instituir formas de comunicación en las que se señale la responsabilidad primaria en la conducción del proceso de evaluación y en la elaboración del informe final de evaluación de los efectos ambientales de la PNLV.
- Para lograr una evaluación más expedita de los efectos ambientales de la Planta Nuclear de Laguna Verde, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias considerará e integrará los comentarios que sobre el informe ambiental y el informe preliminar de evaluación presenten las Instituciones antes mencionadas.

Para todo lo anterior deberá establecerse un flujo de información ágil, ordenado y disponible abiertamente para todos los involucrados.

ANEXO I

GUIA PARA LA ELABORACION DEL INFORME AMBIENTAL DE LA PNLV

CAPITULO I

EL SITIO E INTERFASES AMBIENTALES

- 1.1 Geografía y demografía
- 1.2 Ecología
- 1.3 Meteorología
- 1.4 Hidrología
- 1.5 Geología
- 1.6 Características históricas, arqueológicas, arquitectónicas, culturales, naturales y escénicas

CAPITULO II

LA PLANTA

- 2.1 Puntos de liberación de efluentes
- 2.2 Características del reactor y de la turbina
- 2.3 Uso del agua por la planta
- 2.4 Sistema de disipación de calor
- 2.5 Término fuente y sistemas para tratamiento de desechos radiactivos
- 2.6 Desechos de productos químicos y biocidas
- 2.7 Sistema sanitario y otros sistemas de desechos
- 2.8 Reporte de movimiento de material radiactivo

CAPITULO III

EFECTOS AMBIENTALES DE LA OPERACION DE LA PLANTA

- 3.1 Efectos de la operación del sistema de disipación de calor
- 3.2 Efecto radiológico debido a la operación rutinaria
- 3.3 Efectos de las descargas de productos químicos y biocidas

- 3.4 Efectos de las descargas de desechos sanitarios
- 3.5 Efectos de la operación y mantenimiento de los sistemas de transmisión de energía eléctrica
- 3.6 Paro definitivo y desmantelamiento

CAPITULO IV

PROGRAMAS DE MONITOREO, MEDICIONES AMBIENTALES Y DE EFLUENTES

- 4.1 Programas ambientales preoperacionales del solicitante
- 4.2 Programas de monitoreo operacional propuestos por el solicitante
- 4.3 Programas de monitoreo y medidas ambientales ajenos al solicitante
- 4.4 Datos del monitoreo radiológico ambiental preoperacional

CAPITULO V

EFECTOS AMBIENTALES DEBIDO A ACCIDENTES

- 5.1 Accidentes de la planta que implican liberación de radiactividad
- 5.2 Accidentes de transporte que involucran radiactividad
- 5.3 Otros accidentes

CAPITULO VI

CONTROLES ADMINISTRATIVOS

- 6.1 Responsabilidad
- 6.2 Organización
- 6.3 Revisión y Auditoría
- 6.4 Procedimientos de operación y especificaciones de los informes

Preguntas, Respuestas y Comentarios

P. ¿Cuál es la presión interna que se generaría en el interior del reactor en caso de accidente?

R. Lamento no poder dar respuesta a la primera pregunta, porque no recuerdo exactamente la presión interna que se desarrollaría en las máximas condiciones de accidente dentro del contenedor. Desgraciadamente, no es mi área, la mía son los aspectos ambientales y la seguridad radiológica. Sin embargo, me voy a aventurar a dar una cifra, me parece que es del orden de 40 libras por pulgada cuadrada, dependiendo del diseño del contenedor, obviamente eso cambia con la potencia del reactor y las dimensiones del contenedor primario.

En el mundo existen en operación del orden de 250 plantas nucleares, las primeras entraron en operación al final de la década de los años cincuenta en Inglaterra y en Estados Unidos hay más de 73 plantas en operación actualmente.

La operación de plantas nucleares no es una cuestión nueva, se han acumulado varios miles de años reactor en experiencia y a lo largo de éstos, el único accidente lamentable desde el punto de vista económico y muy publicitario es el accidente de la Isla de Tres Millas, en Estados Unidos. En ese accidente aunque hubo degradación del núcleo y todo el contenedor se llenó de polvos radiactivos, la radiación que se liberó a la atmósfera condujo a una dosis máxima de unas 80 milésimas de rem a la población más cercana, esta dosis es menor que la que se recibe por acción natural al año, o que la dosis que se recibe al tomarse una radiografía de torax, la cual es del orden de unas 100 milésimas de rem.

P. Tomando en cuenta que los Reglamentos vigentes en los países desarrollados requieren para su cumplimiento de recursos humanos y materiales altamente especializados. ¿Es válido aplicar dichas especificaciones a un país como el nuestro que no cuenta con tales recursos?

R. En 1975 se analizó la política pertinente al caso, en ese entonces los recursos humanos se encontraban en el Instituto Nacional de Energía Nuclear y a partir de ese momento se procedió a su preparación intensa.

Dado que el tiempo de construcción y operación de las plantas nucleares varían entre los seis y los diez años, según el país y según si el diseño está estandarizado o no, etc., la preparación y disponibilidad de recursos humanos está a tiempo. Una de las razones básicas por la que se adoptó la política de aplicar la misma reglamentación que el país de origen, fue porque de esa manera asegurábamos que la planta nuclear era licenciable desde el punto de vista de seguridad en el país de origen y con una garantía de calidad. La construcción de Laguna Verde se empezó en 1976 y en esa época se contaba con el apoyo técnico del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) con el cual aún se sigue contando, y a través de sus programas de asistencia técnica se puede contar con los expertos que requiera cualquier país. Este organismo los recluta en cualquier otro país del mundo donde existan, a un precio módico ya que el país que recibe la asistencia técnica paga el 8% de los gastos. Aún cuando Laguna Verde, todavía no opera, ya se formó un cuerpo especializado para vigilar la seguridad nuclear (Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias), que actualmente cuenta con unas 180 gentes, de las cuales 90 son ingenieros (30 con especialidad de posgrado y maestría y cinco o seis con doctorado); la mayor parte del personal de la Comisión tiene ya un entrenamiento promedio de cuatro a cinco años en la especialidad. Inicialmente se empleaban expertos extranjeros para la evaluación y actualmente especialistas mexicanos se encargan del 90% de los casos de evaluación de la planta, también se ha hecho uso de especialistas mexicanos provenientes de los Institutos de Ingeniería y Geofísica que dan asesoría en los aspectos de análisis sísmico y de geología y en algunos otros proyectos como el de análisis de cargas hidrodinámicas, cuando en un accidente el vapor del condensador va hacia la parte inferior del contenedor, en donde produce vibraciones y demás. Entonces, la manera en que se trabaja en la Comisión Federal de Electricidad consiste en que cuando no se tiene el especialista indicado, se busca en otras instituciones del país, Universidades, Centros de Investigación, etc., y si no existen en el país, entonces se busca el apoyo del OIEA.

TABLA I

GASES NOBLES DESCARGADOS EN EFLUENTES GASEOSOS
DE REACTORES DE AGUA LIGERA

GAS NOBLE	VIDA MEDIA	Ci/GW(e)año en PWRs	Ci/GW(e)año en BWRs
Xe-133	5.27 d	1.5×10^4	2×10^5
Xe-135	9.20 h	540	3.6×10^5
Xe-138	14.20 min	190	1.9×10^5
Kr-85	10.57 años	170	3×10^4
Kr-88	2.79 h	150	2×10^5
Xe-135 m	15.70 min	130	6×10^4
Kr-85 m	4.40 h	100	8×10^4
Xe-133 m	2.26 d	90	8×10^3
Kr-87	76 m	70	1.7×10^5
Kr-83 m	1.86 h		1×10^5
Xe-131 m	11.96 d	160	
Ar-41	1.86 h	50	
Xe-137	3.82 min		1×10^4
Otros			4×10^3

TABLA II

RADIONUCLIDOS DESCARGADOS EN EFLUENTES LIQUIDOS

NUCLIDO	VIDA MEDIA	Ci/GW(e)año en PWRs	Ci/GW(e)año en BWRs
I-131	8 d	2.3	3.6
Cs-137	30.3 años	1.7	25.0
I-133	20.5 h	1.3	0.15
Cs-134	2.1 años	1.0	17.3
Co-60	5.2 años	0.42	6.1
Cr-51	27.7 d	0.18	0.58
Mn-54	313 d	0.12	1.9
Ce-144	290 d	0.08	0.34
Ru-103	41 d	0.02	
Ag-110 m	270 d	0.02	0.006
Sr-89	51 d	0.01	0.80
I-132	2.4 h	0.01	
Fe-59	45 d	0.01	0.046
Nb-95	35 d	0.006	
Zr-95	63 d	0.004	0.012
Mo-99	68 h	0.003	0.160
Sr-90	28 años	0.002	0.098
Zn-65	244 d		0.23
Ce-141	32.8 d		0.009

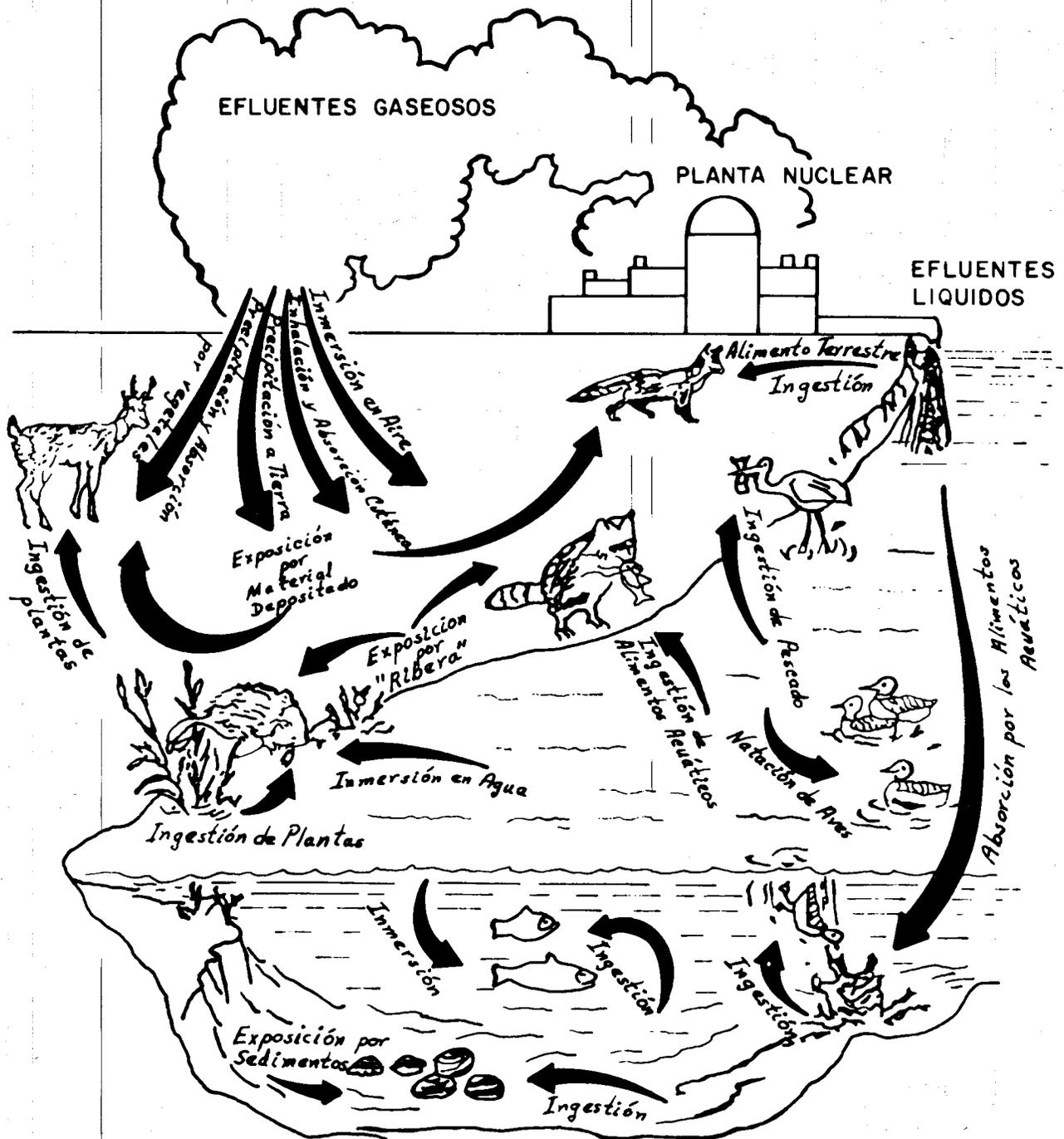


Figura 2. RUTAS DE EXPOSICION A LA BIOTA

SESION PLENARIA

SESION PLENARIA

**OPINION SOBRE EL TEMA:
ENERGIA ELECTRICA Y MEDIO AMBIENTE
Ing. Rafael Cristerna Ocampo**

213

**OPINION SOBRE EL TEMA:
ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE
Ing. José Luis García-Luna Hernández**

217

OPINION SOBRE EL TEMA: ENERGIA ELECTRICA Y MEDIO AMBIENTE

Ing. Rafael Cristerna Ocampo
Comisión Federal de Electricidad

En el presente documento se hacen algunas consideraciones sobre el uso racional de los energéticos en el proceso de generación de energía eléctrica y sus impactos sobre el medio ambiente.

Por su naturaleza, los sistemas eléctricos han sido un factor importante en el proceso de interacción del hombre con el medio ambiente. De acuerdo con los lineamientos de acción establecidos en el Programa Nacional de Energéticos, Comisión Federal de Electricidad realizada actualmente, entre otras acciones la construcción de los proyectos requeridos para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, los cuales se encuentran definidos en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE).

En cuanto a los proyectos de generación, el Programa de Obras obedece a la política de diversificación energética, la cual implica un uso adecuado de los recursos energéticos del país, permitiendo así, alargar el horizonte de su disponibilidad e iniciar una transición energética ordenada con el fin de lograr un balance energético más racional.

El Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), estudia un período de 10 años y analiza la composición de las capacidades que se instalarán de aquí al año 1993. En él puede observarse el esfuerzo en materia de diversificación, ya que de un total de 18,651 MW que se instalarán en este período, 8,620 MW (46.2%) son tecnologías diversificadas que no utilizarán hidrocarburos y 4,262 MW serán de plantas hidroeléctricas.

Es importante hacer notar que la diversificación, además de permitir la independencia y el uso adecuado de los energéticos, presenta beneficios económicos en el largo plazo; sin embargo, dados los altos costos de inversión de las tecnologías diversificadas, desde un punto de vista financiero, en el corto plazo se requiere un mayor esfuerzo para la realización de los programas de diversificación.

Entre las acciones directas para el mejor aprovechamiento de los energéticos, se puede mencionar el incremento gradual de la eficiencia de conversión de energía en las fuentes generadoras a base de hidrocarburos y carbón. Esto se debe fundamentalmente a las economías de escala logradas en la construcción de plantas más grandes y adecuadas al tamaño de los sistemas.

El desarrollo de nuevas fuentes y métodos de conversión de energía, nos ha dado la pauta para el uso racional de ésta, pero no necesariamente las mejores condiciones con respecto al efecto sobre el medio ambiente. Es por ello necesario que las distintas ramas del sector energético realicen los esfuerzos adecuados para lograr una relación equilibrada entre el uso racional de la energía y sus efectos en el medio ambiente.

En el Sector Eléctrico se ha establecido un Programa Nacional de Uso Racional de la Energía Eléctrica (PRONUREE), que contribuye a la preservación de los recursos energéticos del país y a concientizar al usuario sobre la importancia de evitar el mal uso de la energía, así como dar a conocer el beneficio económico y social consecuente.

Con respecto a los impactos ecológicos, podemos mencionar que los vasos de almacenamiento de las centrales hidroeléctricas, en diversas ocasiones se asocian con proyectos de riego, de control de avenidas e inclusive de recreación, proporcionando beneficios positivos y constituyendo un tipo especial de interacción con el medio ambiente. Estos proyectos en general no presentan efectos dañinos más allá de modificaciones del micro-clima, de las condiciones locales en el comportamiento de los suelos y en ocasiones desplazamientos de población. Por esta razón, a continuación sólo se mencionarán los efectos de las centrales térmicas que utilizan como combustible el combustóleo, el carbón, el gas natural y el diesel, aún cuando estos dos últimos representan una fracción muy pequeña de la generación total, pues dada la política ener-

gética del país, se procura utilizar esos combustibles al mínimo posible, empleándolos sólo en turbinas de gas o plantas de ciclo combinado.

En las plantas termoeléctricas existen tres tipos de emisiones que resultan del proceso propio de las instalaciones. Las emisiones a la atmósfera de los gases de combustión y las sustancias contenidas en los combustibles, las emisiones de fuentes térmicas que provienen de los sistemas de enfriamiento en los condensadores de las termoeléctricas y por último, las emisiones de aguas residuales. A continuación se presenta brevemente la fenomenología en cada uno de estos casos.

a) Emisiones a la Atmósfera

La combustión de cualquier tipo de combustible implica esencialmente la emisión de bióxido de carbono que, en términos generales existen dudas sobre los posibles efectos que a muy largo plazo tendría el aumento en la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera. Son en realidad los elementos que contienen los combustibles, los que provocan los principales problemas, y éstos son básicamente las partículas y cenizas, sobre todo en el caso de la combustión de carbón, aún cuando también se observan problemas con combustibles con contenidos muy altos de cenizas, nitrógeno, azufre y algunos metales.

Dado que el combustible es el principal material que utiliza la CFE y tomando en consideración que los crudos mexicanos tienen una proporción relativamente elevada de azufre, el bióxido de azufre constituye el principal contaminante que resulta de la operación de nuestras centrales. El resto de los elementos como pueden ser el vanadio o el potasio, llegan a constituir problemas más bien a nivel de la operación de las propias calderas, ya que afectan el comportamiento metalúrgico de sus componentes.

En el caso de las centrales a base de carbón, la planta de Río Escondido utiliza un carbón con contenido bajo de azufre y el problema que podrían constituir las emisiones de cenizas queda prácticamente resuelto con los precipitadores electrostáticos que limitan las emisiones de cenizas a una fracción del 1% del volumen total de cenizas producido durante la combustión.

En el caso de las geotermoeléctricas,

suelen presentarse asociados al vapor endógeno, contenidos más o menos significativos de ácido sulfhídrico que en general deben ser controlados para evitar daños al ambiente.

b) Efluentes Térmicos

El ciclo termodinámico con el que trabajan las plantas de vapor requiere una fuente fría para condensar el vapor una vez que sale de la turbina. En México se tienen dos tipos de instalaciones para obtener la fuente fría. El primero, es el uso de torres de enfriamiento en las que el agua de circulación se enfría en contacto con el aire y recircula por el condensador; en este caso se presenta esencialmente la emisión de vapor a la atmósfera que no constituye problema y por otra parte, la emisión de concentrados con el agua de purga del sistema de enfriamiento que se menciona posteriormente. También, se utiliza agua de mar para el enfriamiento del condensador y en este caso, deben respetarse las limitaciones impuestas para el agua que se regresa al mar, se requiere un incremento en la temperatura que oscila entre los 5°C y los 10°C como diferencia entre el agua que ingresa al condensador y el agua que sale de éste.

c) Aguas Residuales

Las aguas residuales provienen de las purgas de las torres de enfriamiento, como se mencionó antes, de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas de repuesto a calderas y del agua de drenaje resultante del lavado de equipo y servicios generales. Debido a la salinidad, la acidez o alcalinidad, el contenido de grasas u otros materiales y otros efluentes, se pueden ocasionar problemas en los cuerpos receptores de las descargas.

En el caso de las centrales geotermoeléctricas, el agua que se separa del vapor tiene muy elevadas concentraciones de diversas sales y en algunos casos, compuestos de sílice, arsénico, boro y otros materiales, que de no manejarse adecuadamente, pueden ocasionar problemas de contaminación.

NORMAS QUE SE APLICAN EN CFE

a) Normas para Control de Emisiones a la Atmósfera

En el caso del ácido sulfhídrico, no

existe a la fecha ninguna norma en el país, por lo que se ha adoptado como referencia la del Estado de California en los Estados Unidos de Norteamérica que limita la concentración de ácido sulfhídrico a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en régimen de exposición continua.

Debido a que las disposiciones del Reglamento de Humos y Polvos, expedido en 1971, se consideraron difíciles de cumplir en el caso de centrales termoeléctricas, a partir del año de 1979 las autoridades sanitarias propusieron el concepto de control conocido como *calidad del aire* consistente en no rebasar una determinada concentración de un contaminante en el medio atmosférico al que vierte la fuente emisora.

Para el caso del SO_2 , la norma de calidad del aire propone no exceder de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y es el mismo valor para todo el país, sin reconocer la existencia de variaciones regionales importantes en los niveles de concentración de fondo.

b) Normas para Descargas Térmicas

La Ley Federal de Aguas y sus disposiciones conexas establecen que, en zonas costeras no se debe descargar agua con una diferencia de 10% con respecto a la temperatura local del agua y sin exceder de 32°C .

c) Para Descarga de Aguas Residuales

La Ley Federal de Aguas y demás ordenamientos relativos, establecen las características generales que deben tener las aguas antes de descargarse a un cuerpo receptor y, en su caso, la autoridad competente puede fijar características particulares de descarga más específicas.

MEDIDAS ADOPTADAS POR CFE

Consciente de los daños que puede ocasionar al ambiente por las actividades que realiza, la CFE ha venido aplicando las siguientes medidas de protección ambiental:

a) Para Prevenir la Contaminación Atmosférica

A partir de 1980, CFE decidió utilizar chimeneas altas en el intervalo de 80 a 120 m, ya que mediante su empleo se pueden aprovechar los mecanismos naturales de difusión y dispersión atmosférica para disminuir las concentraciones a nivel del suelo. Sin embargo, no se ha logrado

cumplir con los valores propuestos por la norma, debido a las proporciones de azufre en el combustible.

Por otra parte, el costo de las chimeneas se incrementa sustancialmente si se excede la altura propuesta por CFE. En las instalaciones actuales en operación, el costo de sustituir las chimeneas actuales por altas, sobrepasa las posibilidades económicas de CFE. Por ejemplo, una chimenea de 120 m de altura, cuesta 542 millones de pesos y una de 190 m costaría 900 millones de pesos. Actualmente, se estudia la posibilidad de mejorar tanto el diseño estructural como el recubrimiento.

Para centrales geotermoeléctricas, se proyecta la incorporación de sistemas de combustión del sulfhídrico y posterior absorción en la salmuera, la que a su vez se reinyectaría al subsuelo o se alojaría en lagunas de evaporación en el desierto.

b) Para Prevenir la Contaminación por Descargas Térmicas

A fin de evaluar los efectos de la contaminación térmica, a partir de 1978 CFE ha patrocinado a través de reconocidos Institutos de Investigación, estudios ecológicos en zonas marinas adyacentes a la ubicación de las centrales termoeléctricas, con objeto de determinar y cuantificar, en lo posible, el impacto ambiental causado por dichas descargas.

En algunos casos la disposición reglamentaria relativa a la temperatura máxima no se puede cumplir en la temporada de verano, ya que la temperatura del agua de mar es igual o mayor a los 32°C .

La mayoría de los estudios realizados por CFE, indican que se puede llegar a temperaturas de descarga del orden de 38°C , porque la difusión y mezclado en la zona de descarga permiten que no se afecte el equilibrio ecológico puntual.

Invariablemente se ha convenido con las autoridades, las temperaturas máximas permisibles de las descargas, en función de la información aportada por los estudios ecológicos.

c) Para Prevenir la Contaminación por Descarga de Aguas Residuales

Dado que el problema de los contaminantes de aguas residuales de termoeléctricas, está directamente rela-

cionado con el uso que se da a las mismas en el proceso de generación, las medidas adoptadas por CFE han sido separar los efluentes de cada tipo y darles un tratamiento adecuado.

Así, el agua de purga de las torres de enfriamiento, que únicamente tiene un contenido de sólidos mayor que el agua original, pero tolerable para usos agrícolas o pecuarios, puede descargarse directamente y ser utilizada por otros usuarios, o bien, recibir el tratamiento para su reuso o descarga con características adecuadas.

En relación a las aguas ácidas o alcalinas, se llevan a fosas de neutralización, antes de su descarga; las aguas contaminadas con aceite o grasas se envían a fosas separadoras; los efluentes sanitarios a plantas de tratamiento de aguas negras, etc.

Por otro lado, y con base en la experiencia, están separados los drenajes para evitar la mezcla de aceites y combustibles con los sistemas de descarga de aguas residuales, evitando en lo posible los riesgos imprudenciales.

Las descargas de aguas separadas de geotermoeléctricas se reinyectan al yacimiento y, en otros casos, se manejan en su mayor parte en lagunas confinadas de evaporación.

OTRAS MEDIDAS NECESARIAS

- a) Respecto a la contaminación atmosférica, la principal medida utilizada en otros países, consiste en evitar el uso de combustibles con alto contenido de azufre. El uso de chimeneas altas tiene sólo un carácter complementario y permite resolver problemas locales.

Por lo anterior, PEMEX y el IMP están estudiando las técnicas para la desulfurización de combustibles. Este proceso puede realizarse en las refinerías con beneficios no solamente en el ámbito de la contaminación ambiental, sino además, aumentando la vida útil de todas las calderas industriales.

- b) En relación a las descargas térmicas, se considera que el concepto de zona de mezclado, debería tomar en cuenta el efecto de la rápida disipación térmica que tendrán las descargas al vertirse al mar, por efecto del gran volumen de éste, con lo cual no se limitaría a 32°C en el punto de descarga, al considerar la gran área de mezclado disponible, que minimizaría el impacto térmico.

RECOMENDACIONES

- a) A fin de reducir la contaminación atmosférica, conviene que PEMEX realice lo antes posible las instalaciones para la desulfurización de los combustibles, ya que de acuerdo con los estudios preliminares, esta solución resulta más económica que la eliminación del azufre en los gases de combustión.

En relación con el uso de chimeneas elevadas, se recomienda que se examinen las condiciones y los requerimientos atmosféricos de cada sitio para adecuar la reglamentación, evitando así inversiones excesivas.

- b) En materia de contaminación por descargas térmicas, se considera conveniente revisar, conjuntamente con la SEDUE, el límite de temperatura establecida y el concepto de zona de mezclado indicado en el reglamento vigente, con el fin de convenir valores adecuados para las diferentes regiones costeras, que equilibren el uso potencial de agua de mar como medio de enfriamiento, con relación a los efectos medibles del impacto ecológico causado por descargas térmicas, teniendo como respaldo los estudios técnicos correspondientes.

- c) Respecto a la contaminación por descarga de aguas residuales, Comisión Federal de Electricidad estima conveniente se definan y agilicen los trámites para el establecimiento de las características de descarga de las aguas residuales, ya que aún existe ambigüedad en las atribuciones de la SARH y de la SEDUE.

OPINION SOBRE EL TEMA: ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE

Ing. José Luis García-Luna Hernández
Instituto Mexicano del Petróleo

El enfoque que el Instituto Mexicano del Petróleo maneja sobre el problema de la energía y la contaminación, reside en una integración de los sistemas energéticos, de tal suerte que se tenga la mínima cantidad de emisiones de impacto hacia el medio ambiente.

Los problemas ambientales causados por la industria energética, frecuentemente capturan la atención del público. Ello causa a menudo tensión sobre los grupos preocupados por la preservación del medio ambiente y aquellos otros que tienen la responsabilidad de suministrar la energía requerida para una sociedad crecientemente industrializada y urbana.

Desafortunadamente, los aspectos técnicos que permiten sopesar las ventajas y desventajas de uno y otro punto de vista frecuentemente quedan fuera de una perspectiva completa, y muchas de las personas del gran público tienen pocos elementos para emitir una opinión. Un panorama global e integrado de las problemáticas ambiental y energética es imperante. El presente Simposio sobre Energía y Medio Ambiente es una valiosa contribución en este sentido.

La sociedad tecnológica moderna, descansa en la pronta disponibilidad de energía para la producción de bienes, y su distribución, en todas las formas de transporte y comunicación, así como en la elaboración de alimentos y el desecho de los residuos. En todos estos procesos la energía se transforma, se utiliza y se disipa, además de generarse una gran cantidad y variedad de subproductos, algunos de ellos indeseables.

El consumo de energía ha aumentado constantemente, no solamente en números absolutos, sino también en el consumo per cápita. Esto conlleva tantas implicaciones que este último es una medida común del nivel de vida o etapa de desarrollo.

Así, por ejemplo, mientras un agricultor primitivo requiere de 12×10^3 Kcal diariamente, la cifra para uno avanzado es de 26×10^3 Kcal/día. Para

un hombre industrial son necesarias 77×10^3 Kcal/día y para el hombre tecnológico 230×10^3 Kcal/día. Estas cifras significan una mayor dependencia de la energía a medida que aumenta la complejidad del modo de vida.

El crecimiento exponencial de la población y la esperanza de un mejor nivel de vida anticipan un patrón de demanda semejante para la energía. Ello, desde este último punto de vista (un mejor nivel de vida), es indudablemente deseable, sin embargo, debemos tener presente el grado de asimilación de la naturaleza por las inevitables perturbaciones que el hombre introduce por la explotación y utilización de los recursos energéticos.

Posiblemente a largo plazo tales suposiciones no fuesen válidas, sea por una disminución del ritmo del crecimiento poblacional, del nivel de vida, de un costo excesivo de la energía o excesiva competencia de las opciones energéticas. El hecho es que muy probablemente a corto plazo (unas cuantas décadas) la tendencia histórica será tan fuerte que el crecimiento continuará siendo virtualmente exponencial.

Siendo esto así, desearía llamar su atención sobre cuatro aspectos fundamentales. El primero, la existencia, relativa abundancia, diversidad y disponibilidad de distintas opciones energéticas. El segundo, es el grado de efectividad del empleo de los recursos energéticos; por ejemplo, el presente uso del automóvil es uno de los casos evidentes, con un ineficiente empleo de las materias primas y del espacio, lo que hace dudar de una extrapolación indefinida para cualquier densidad de población. El tercero, es la eficiencia de conversión energética de la forma primitiva a aquella utilizable. El cuarto, es el acceso y distribución de la energía en su forma útil.

Las necesidades crecientes de energía, y los cuatro puntos arriba señalados conducen inevitablemente a un mayor impacto sobre el medio ambiente; no quiero distraer su atención en cuanto a

la disponibilidad de energía: soy optimista en el sentido que opciones potenciales ahora bajo investigación podrán resolver esta cuestión. Quiero llamar su atención sobre un aspecto que considero clave en la minimización del impacto nocivo sobre el medio ecológico; la integración de los sistemas energéticos.

En un proceso energético se desprenden subproductos materiales (humo en una combustión incompleta) y se disipa energía (comúnmente en forma de calor). Estos subproductos pueden, muchas de las veces, reutilizarse para reducir su impacto nocivo en el medio ambiente.

Permitanme ejemplificar lo anterior con un caso; la explotación de los yacimientos geotérmicos.

Un yacimiento geotérmico surge cuando una corriente de agua subterránea entra en contacto con un sitio del subsuelo anormalmente caliente. Al perforarse un pozo de extracción se obtiene vapor de agua a temperaturas muy elevadas; éste una vez separado del líquido que lleva, puede emplearse para impulsar un turbogenerador. Los líquidos llevan una gran cantidad de sólidos disueltos: sílice, sales de litio y potasio y otros; que arrojados al medio circundante podrían contaminar excesivamente el área. No obstante, existen procesos bien establecidos que no solamente minimizan el impacto ambiental, sino que permiten recuperar productos de un elevado valor estratégico y económico. El calor de desecho, por otro lado, puede destinarse a un sinnúmero de aplicaciones. En un campo típico, cerca de la mitad de la energía del fluido hidrotermal se aprovecha en las líneas de conducción a la central geotermoeléctrica; el resto se

pierde en el separador a boca de pozo. Para este fluido de desecho existen atractivas posibilidades, como la acuicultura, su empleo en calefacción o, por medio de dispositivos adecuados, en refrigeración o congelación de productos. Este es un caso de un sistema energético integrado.

Normalmente cerca del 65% de la energía de un combustible se desperdicia en el proceso de generar electricidad. En un sistema integrado, más de la mitad de esta energía de desperdicio puede ser recuperada y utilizada para climatización del ambiente, suministro de agua caliente doméstica, tratamiento de agua, de efluentes líquidos, etc.

Al utilizar la energía térmica de esta manera, como sustituto de la energía eléctrica u otra de alta calidad (un combustible, por ejemplo) se reduce sustancialmente la emisión de productos de combustión o la contaminación térmica. A una macroescala, ello balancea la carga entre las distintas opciones energéticas de acuerdo a su relativa abundancia y disponibilidad. Incide también, en la efectividad del empleo de los recursos energéticos y finalmente se contrarrestan las ineficiencias de conversión energética - que insalvablemente impone la naturaleza - al introducir elementos de ahorro.

Cuando un sistema energético total se integra para proveer a una comunidad de cinco servicios básicos, electricidad, acondicionamiento de espacio, procesamiento de sólidos, tratamiento de líquidos y agua caliente, se tiene, a mano, el alcanzar: la reducción del consumo energético y su conservación y la minimización del impacto ambiental.

RELATORIA GENERAL

INTRODUCCION

Conforme la población mundial crece y la industrialización se expande, las naciones se ven obligadas a buscar nuevas fuentes y formas de energía para satisfacer la creciente demanda y sustituir las fuentes convencionales, en especial los combustibles fósiles, que eventualmente se agotarán. La humanidad una vez más está ante un punto crucial de su historia y necesita encontrar y disponer de nuevas fuentes de energía y nuevas formas de emplear las viejas fuentes. En este aspecto, la energía presenta, sin lugar a dudas, el dilema y el reto a la presente generación. La respuesta que se dé a este reto, determinará en gran medida la naturaleza y calidad del legado que dejemos a las próximas generaciones.

Las economías nacionales y el orden económico internacional, están basados en sistemas energéticos que ya no reflejan la cambiante realidad social, económica y de recursos. Las fuentes de energía convencionales basadas en los recursos fósiles y las fuentes tradicionales de energía - leña y carbón vegetal - están rápidamente perdiendo su viabilidad como el sostén o soporte energético del desarrollo.

Los costos asociados con la sobredependencia de estas fuentes son numerosos e incluyen trastornos en los recursos naturales básicos, elevados costos financieros y trastornos sociales resultantes de la pérdida de productividad y restricciones obligadas en los esquemas culturales. Estos costos ambientales, financieros y sociales implican un período de *transición*, transición de un conjunto de supuestos, condiciones, comportamientos y percepciones a nivel nacional y mundial a otro diferente y una transición a fuentes de energía que sean diversas y seguras, y, fuertemente comprometidas con el medio ambiente en general.

La novedad y renovabilidad de las fuentes varía de acuerdo a la región y la cultura. Es importante llamar la atención sobre los aspectos ambientales involucrados en el desarrollo de las fuentes convencionales y tradicionales

y las nuevas fuentes, aspectos que pueden ser benéficos o no. Por esta razón durante el evento se trataron de examinar los valores ambientales positivos de las diversas fuentes de energía, así como proporcionar algunas indicaciones para la gestión y administración de los recursos; y de esta manera, evitar o prevenir problemas futuros en el desarrollo de los mismos. Asimismo, se manifestó la preocupación y se trató de ofrecer orientaciones y posibles políticas de acción para el desarrollo financiero, industrial y rural. Debido a que muchas de las tecnologías para el desarrollo de formas de energía son nuevas también, y no probadas en muchos casos, los impactos y consecuencias ambientales no pueden ser predichas con suficiente precisión. De aquí, que parte de los objetivos del evento se orientasen a describir el estado del arte y los usos potenciales de estos recursos, haciendo hincapié en las implicaciones ambientales, con la esperanza de mejorar el entendimiento y un desarrollo más armónico, ambientalmente hablando, de las fuentes de energía. Desde luego, los verdaderos beneficios de una prudente transición hacia una nueva o nuevas mezclas de fuentes de energía, habrán de ser medidos y comparados contra los costos de control de la contaminación asociada a la combustión de los combustibles fósiles convencionales y otros, y contra los costos en la salud humana cuando la contaminación no sea controlada o cuando el ecosistema sea degradado.

Aunque las fuentes que se discutieron durante el evento, no son uniformemente benignas desde el punto de vista ambiental, algunas lo son más que otras, por lo que el desarrollo de las fuentes actuales y nuevas, deberá ser planeado incluyendo los costos ambientales por adelantado. Estas preocupaciones no constituyen un lujo, sino una necesidad, si se quiere seguir contando con los recursos básicos de agua, suelo, aire y nutrientes.

Las condiciones que han forzado a una transición energética, son ampliamente conocidas. El agotamiento de los combustibles fósiles y los serios efec-

tos ambientales directamente relacionados con su empleo han precipitado una urgencia en la atención que se ha dado a la energía, y en especial a la relación energía-medio ambiente.

Se consideró que la presente transición energética es económicamente más compleja que las transiciones pasadas, debido a que los países han descansado en precios de la energía deprimidos y artificialmente bajos para satisfacer sus necesidades. En el corto plazo, la transición ha implicado problemas de balanza de pagos, desbalances en la factura energética y muchos otros efectos. En el mediano y largo plazos, implicará la necesidad de asignar mayores recursos financieros al desarrollo de fuentes de energía y con ello una competencia con otras inversiones y prioridades. La energía proveniente de un amplio grupo de fuentes existe y el problema consiste en invertir en las tecnologías que sean económicamente razonables, socialmente aceptables y sólidas desde el punto de vista ambiental. La eficiencia con la que se use la energía constituye un elemento fundamental en la transición y la problemática ambiental.

Es claro que el país habrá de encarar esta transición atendiendo a sus particularidades ambientales y a sus condiciones económicas, políticas y sociales, haciendo énfasis entre las estrategias energéticas y de desarrollo. El proceso de planeación deberá comprender los múltiples objetivos del país en cuanto a: crecimiento económico, uso prudente de los recursos naturales, preservación del medio ambiente, desarrollo de una capacidad real en ciencia y tecnología y mejoramiento de la calidad de vida.

Este reto requiere de cambios profundos en los modos de percibir, analizar y resolver los problemas; requiere de una transición conceptual, tal vez el elemento más importante de la misma y a la vez el más difícil. Por lo anterior, será necesario movilizar a la sociedad en general a pensar, discutir y actuar en formas innovativas ante el reto.

La rapidez con la que la estructura energética se vea modificada, dependerá en gran medida de cambios radicales en la actitud de los políticos, los tomadores de decisiones, los planificadores y el público en general.

Detrás del desarrollo de una nueva composición de fuentes de energía está la posibilidad de un cambio social, pero para que esto pueda ocurrir, es necesario crear el deseo y necesidad públi-

ca y política de tal cambio y para ello será necesario mayor conocimiento y comprensión de los efectos de esta composición energética en la calidad de vida.

Parte de la tarea reside en revisar el *status* presente de las tecnologías y evaluarlas en términos de su viabilidad económica (costo relativo a otras fuentes), de su aceptabilidad social y de sus implicaciones ambientales.

Especial atención se habrá de otorgar al análisis de las dificultades y posibilidades para la implantación de las diversas fuentes y de la evaluación de las recomendaciones para resolver estas dificultades y constricciones.

Puede decirse que los *puntos focales* del problema estarán relacionados con los puntos siguientes:

- El papel y potencial de las diversas fuentes de energía, así como su contribución a la satisfacción de las necesidades presentes y futuras.
- Las tecnologías requeridas para el empleo de estas fuentes de energía.
- Las principales constricciones que limitan el uso de estas tecnologías.
- Los medios para resolver estas constricciones a nivel regional y nacional.
- Las posibilidades de cooperación entre diferentes sectores en el ámbito nacional y posiblemente internacional.

Al evaluar el papel de las diferentes fuentes de energía en la actual y futura composición de fuentes de energía, habrán de combinarse hechos y suposiciones respecto a las condiciones económicas y tecnológicas para un período de tiempo razonable (20 años). Los factores que habrán de ser tomados en cuenta, al evaluar las tecnologías para las diferentes fuentes de energía, serán los siguientes: a) intercambiabilidad de las fuentes de energía, b) localización de la fuente, c) madurez de la tecnología, d) escala de producción, e) eficiencia en el uso final, f) recursos disponibles, g) inversiones fijas, h) incentivos financieros, entre otros.

Adicionalmente, deberán considerarse aspectos de educación y entrenamiento de personal, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología y otros.

COSTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA ENERGIA

Dentro del esquema de la teoría económica se toman decisiones entre diferentes cursos de acción en base a los costos y beneficios asociados con cada acción. Si bien, es de aceptación general el emplear la valoración de tipo monetario como una medida imperfecta de la utilidad de una cosa, ésta es frecuentemente empleada para obtener y comparar costos y beneficios de diferentes acciones.

Puede decirse que en muchos casos, los costos y beneficios pueden ser restringidos, toda vez que un tomador de decisiones se puede enfocar sólo en aquellos que son aplicables a él directamente. Sin embargo, no todos los costos y beneficios son sentidos y apreciados por el tomador de decisiones, por lo que fácilmente se presentan las llamadas externalidades.

Durante el evento, éstas se clasificaron en tres grupos básicos, a saber:

- a) Costos o beneficios que poseen un significado de tipo económico, pero no para aquellos que toman las decisiones relevantes.
- b) Costos o beneficios a los cuales, aunque cuantificables, no se les puede asignar un precio a través de mecanismos de mercado convencionales.
- c) Costos o beneficios que no son cuantificables.

Algunas de las externalidades tienen un efecto físico directo sobre los habitantes, por ejemplo, la contaminación del aire o el agua o la contaminación por productos químicos tóxicos, etc. En tales casos es conveniente distinguir entre los peligros para los empleados de las industrias energéticas y los peligros para el público en general. Otras de estas externalidades ofrecen un efecto menos tangible, pero por ello más real, por ejemplo, los múltiples disturbios en las comunidades locales originados por los trabajos de construcción de una obra mayor, y los aún mayores y más complejos que se producen cuando estos trabajos cesan.

Otras externalidades tienen poco efecto directo sobre el hombre, pero afectan a los sistemas biológicos. En esta categoría podemos incluir los efectos ecológicos del agua de enfriamiento de una estación generadora de potencia, de los derrames de petróleo en mar y tierra, y de muchos otros ahora poco

atendidos, tanto conceptual como prácticamente. Aquí se suelen incluir temas y consideraciones de carácter más general, como por ejemplo los posibles cambios en el clima debidos a los residuos provenientes de la combustión del combustible (dióxido de carbono).

Los costos y beneficios que no son cuantificables, no sólo se refieren a la pérdida o modificación de un paisaje, sino que incluyen muchos otros problemas para la comodidad de los habitantes, tales como el ruido y la interferencia de señales de radio y televisión, etc.

Se consideró que, si las externalidades han de ser útiles en la discusión del problema energético y ambiental, se deben tener en mente dos aspectos metodológicos. Primero, es necesario y fundamental especificar las fronteras del sistema bajo consideración. Así por ejemplo, al comparar dos fuentes de energía, ¿incluimos las externalidades asociadas con los materiales empleados para su construcción o transportación?, ¿incluimos los riesgos asociados con el uso final?. Segundo, es necesario asegurar condiciones de equidad en la comparación entre diferentes combustibles. Este punto es muy importante debido a que frecuentemente el debate ambiental se convierte en una crítica de un combustible o fuente sin llevar a cabo un análisis serio del impacto ambiental propiciado por la alternativa.

Se mencionó que hay que considerar la probabilidad de ocurrencia de los eventos y que el tratamiento de aquellos que resultan poco probables introducen más y diferentes problemas de metodología. Por ejemplo, ¿cómo se pueden o deberían comparar diferentes eventos?, ¿es más importante un evento cuya probabilidad de que ocurra es uno en 1000 años y que lleve o cause 100 muertes, que uno que produce una muerte cada 10 años?, ¿qué tan altos pueden ser los riesgos que podemos permitir a aquellos que trabajan en una industria, comparados con los de aquellos que no están dentro de ella?.

La biosfera posee una gran capacidad de recuperación y de soportar abusos, pero ésta no es ilimitada. Su gran tolerancia nos ha inclinado hacia un falso sentido de seguridad y nos ha permitido ir a niveles muy próximos a causar daños muy serios e irreversibles en su mayoría.

Cuando se habla de la energía en relación al medio ambiente, frecuentemente se le singulariza. Sin embargo, esto no implica que las externalidades y con

secuencias asociadas con la energía sean mayores o más importantes que las asociadas con otras actividades.

PETROLEO Y GAS

La problemática de estas fuentes se agrupó en cinco temas generales, a saber: exploración y explotación, transportación, refinación, almacenamiento y uso.

Históricamente la mayor parte de los pozos petroleros han sido perforados en tierra. Sin embargo, recientemente se ha ido incrementando el número de los que ahora están siendo perforados en el mar. En el caso de México, la costa del Golfo de México ha sido la zona costera y de mar que ha proporcionado los mayores volúmenes de hidrocarburos totales. Es posible que en un futuro ambos litórazales y zonas marítimas puedan contribuir al suministro de petróleo y gas.

En el caso de la perforación de pozos petroleros en tierra, los impactos ambientales son de carácter local y los efectos provienen de la liberación de fluidos, o de lodos de perforación, los cuales pueden contener agentes químicos que son contaminantes de las aguas en la zona. La liberación no controlada de salmuera que a menudo se encuentra en los pozos, produce contaminación del agua en la tierra, en tanto que explosiones e incendios originan contaminación del sitio.

Conforme los campos menos accesibles son explotados, en particular aquellos a grandes profundidades en el mar, la tecnología de extracción de petróleo crudo y gas resulta más compleja y más exigente, con un incremento en los riesgos de explotación y de impacto ambiental.

Los peligros de tipo ecológico más importantes en la extracción de crudo y gas provienen de los derrames, los cuales pueden ir desde pequeñas pérdidas durante la operación normal hasta pérdidas mayores, pero infrecuentes, provenientes de explosiones o reventones.

En el caso de accidentes en el mar es más probable que ecosistemas frágiles sufran disturbios apreciables. En estos lugares un accidente debido a un reventón libera petróleo que contamina la costa. El medio ambiente en la interfase entre tierra y mar es particularmente susceptible a impactos adversos provenientes de los derrames; tal es el caso de las aves, peces y plantas que

poblan esa zona costera.

La extracción de petróleo y gas en zonas costeras puede originar asentamientos, hundimientos e inundación de tierras por mareas y otros eventos meteorológicos.

Los impactos sociales y económicos de la extracción del petróleo crudo y gas pueden ser considerables, en especial en zonas remotas. Las actividades asociadas con la extracción pueden crear, y crean, una bonanza de vida relativamente corta, propiciando la inmigración de gente al área, elevando el precio de las propiedades, forzando a las industrias a elevar salarios y presiones y presionando fuertemente a la estructura local. Una vez que la producción de gas y petróleo alcanza su pico, la actividad económica cae rápidamente y el efecto a largo plazo resulta adverso.

Otro aspecto adverso está en el transporte, en donde la transportación de petróleo por un buque-tanque representa una fuente de peligro para el ecosistema. Adicionalmente la contaminación puede provenir de fracturas en tuberías (oleoductos) bajo el agua o la tierra y, en el caso de buques-tanque de las descargas ilegales de agua contaminada empleada en el sistema de estabilización del barco.

Los efectos de un derrame varían dependiendo de las características del sitio y de las condiciones climáticas prevalecientes. En el mar, una capa de petróleo puede ser fracturada y dispersada por el viento, las olas y los procesos biológicos. Los peligros que presenta el derrame son mayores si alcanzan la costa, en donde afecta a peces y aves (y sus fuentes alimenticias). Los efectos económicos se hacen sentir en multitud de actividades propias de la zona y van desde afectar al turismo hasta a las industrias.

Los efectos pueden ser reducidos (a un costo) por medio de diversas técnicas para controlar la capa y emplear agentes químicos que la dispersen y limpien las playas. Sin embargo, los efectos de largo plazo permanecen desconocidos e inciertos. Desafortunadamente, la aplicación de las medidas pertinentes, a menudo, son retrasadas en tanto se establece la responsabilidad de las partes relacionadas con el accidente.

En el caso de los buques gaseros, el mayor peligro está relacionado con las probabilidades de incendio, con la consecuente contaminación del aire y los

riesgos para el personal, el barco y las instalaciones costeras.

En cuanto al transporte de petróleo y gas en tierra, el peligro proviene principalmente de fracturas en oleoductos y gasoductos, accidentes carreteros y ferroviarios. En cualquiera de estos casos se presentan riesgos serios de incendio, explosión y contaminación de agua, aire y suelo.

Las refinerías pueden dar lugar a contaminación del aire por emisiones de dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, etc., en el curso de su operación normal. Además, el impacto visual puede ser considerado como un efecto adverso. Adicionalmente, algunos procesos de refinación producen residuos pesados que llegan a constituir un problema para su disposición final.

La alta densidad energética del petróleo y gas y la mayor facilidad con la que son almacenados constituyen las razones por las que se consideran tan útiles como combustibles; pero también son fuente de peligros. Se consideró que una explosión o incendio da lugar a contaminación del aire y posiblemente de la tierra y agua en la zona. Los riesgos de daños físicos o muerte dependen de la ubicación de los tanques de almacenamiento. Una de las amenazas y peligros más serios es el de ubicar tanques de gas natural licuado cerca de los centros de población. En consecuencia, los peligros provenientes del uso de gas y petróleo son los correspondientes a incendio y explosión, esta última resulta especialmente relevante en el caso del gas. Los gases producidos a partir del carbón presentan el problema de que contienen monóxido de carbono y por tanto son venenosos. Esto no ocurre con el gas natural, aunque el gas se disuelve lentamente y es posible la asfixia.

El dióxido de carbono es un constituyente natural del aire y en concentraciones normales no representa peligro para la vida. Sin embargo, la combustión de combustibles fósiles puede tener efectos notables en la variación de la concentración de este gas e impacto en modificaciones del clima.

En este aspecto, se indicó que se tiene un conocimiento insuficiente de los mecanismos naturales de control del dióxido de carbono, o sobre los efectos en el clima, debidos a un pequeño aumento en la temperatura. Sin embargo, es cada vez más claro que los factores que determinan el clima son muy complejos y

finamente balanceados, y que pequeños cambios o perturbaciones pueden conducir a cambios significativos, con efectos económicos y ecológicos insospechados. En vista de lo anterior, se recomendó la realización de estudios e investigaciones orientadas a conocer más amplia y profundamente este problema, sus consecuencias, sus posibles controles y su prevención.

En el caso del dióxido de azufre, éste constituye uno de los más serios contaminantes proveniente de la combustión de hidrocarburos y sus derivados, dando lugar a afecciones de tipo bronquial. Por otro lado, combinado con agua se oxida formando una mezcla muy irritante de ácido sulfhídrico, dando lugar a la lluvia ácida, cuyas consecuencias deben ser estudiadas con todo detalle en México.

Este compuesto constituye uno de los peligros más grandes en las zonas urbanas y proviene de industrias y vehículos. La contaminación en áreas urbanas empeora o se acentúa por efecto de inversión térmica. Las soluciones que se apuntaron en este caso fueron las de disponer de medidas de control y monitoreo, así como el cambio de patrones de combustibles y su consumo. Se recomendó el desulfurar las gasolinas y diesel empleado en las ciudades y centros urbanos y de esta manera reducir las emisiones de azufre.

En el caso de los óxidos de nitrógeno se indicó que no hay una tecnología adecuada para eliminarlos totalmente, pero que su control va en el sentido de diseños de máquinas y hornos adecuados, control de las condiciones de combustión y en el caso de los automóviles, su control por medio de procesos de descomposición catalítica.

En cuanto los hidrocarburos que no son quemados totalmente, los cuales producen diversos problemas a la salud humana, que van desde irritación de las vías respiratorias hasta posibilidades de producir compuestos carcinógenos, la sugerencia inmediata fue la adecuada afinación de los motores.

Con respecto al monóxido de carbono se indicó que éste es venenoso a pequeñas concentraciones y que sus efectos son significativos en áreas urbanas. Desafortunadamente, los logros obtenidos con mejores diseños de motores se han visto minimizados por el aumento de automóviles y las fallas de viabilidad en las grandes ciudades. Aquí las recomendaciones son claras y dentro de ellas se mencionaron las correspondien-

tes a una más alta relación aire/combustible, y a una mejor carburación; medidas que conducen a mejorar la eficiencia del uso de combustible. Además, estos contaminantes pueden ser removidos de los gases expulsados por medio de catalizadores y reactores térmicos, aunque este último presenta aspectos adversos en la economía de combustible.

En el aspecto de contaminación por partículas, éstas provienen de motores estacionarios y vehículos. En el caso del petróleo se tiene la emisión de humos debido a combustión incompleta. Estos contaminantes afectan la panorámica, contribuyen a la formación de smog y constituyen medios apropiados para la absorción de otros contaminantes, facilitando el paso de éstas a los pulmones.

Se mencionó que existen diversas técnicas para la remoción de las partículas del aire en especial de fuentes móviles. Se indicó que el mejor medio de controlarlas es a través de afinación y mantenimiento adecuado.

Finalmente, otras formas de contaminación que se mencionaron provienen del plomo (en la gasolina), mercurio, vanadio, cromo, berilio, níquel y otros. De éstos, el plomo es el que más críticas ha recibido y al que mayor atención se le ha dado recientemente.

El control de las emisiones de plomo se ha llevado a cabo por medio de la reducción del mismo en la gasolina. Se comentó la conveniencia de eliminarlo totalmente, lo cual puede repercutir en otros costos al requerirse la sustitución de este aditivo. Finalmente, se comentó sobre la eliminación del plomo en los gases de expulsión.

Además de los impactos mencionados, es necesario prestar atención a los impactos que el desarrollo del petróleo y gas producen en la economía del país en cuestión, y sobre el comercio mundial; en especial estos impactos nunca son visualizados en anticipación al momento en que se toma la decisión de explotar las reservas. No se analiza como afectará al resto de la estructura productiva del país y como daña a los prospectos industriales y económicos a largo plazo.

En el caso de las arenas asfálticas y los esquistos bituminosos se indicó que en el presente resultan desfavorables desde el punto de vista económico y la producción de combustibles líquidos a partir de ellos puede involucrar efectos ambientales significativos. El minado y procesado de esquistos bituminosos es complicado por el efecto de ex-

pansión del volumen de los desperdicios durante el procesado, por lo que las áreas de minados originales no pueden acomodar de regreso los desechos sólidos.

El minado de estas fuentes puede afectar al medio ambiente a través de las aguas resultantes de los trabajos a cielo abierto y de las pilas de desperdicios. Las refineras de esquistos bituminosos pueden ser fuentes de polvo y contaminación del aire si no se establecen las medidas de control adecuadas. Además, se mencionó que la restauración de minas en climas áridos resulta muy difícil. El procesado de los esquistos requiere de grandes cantidades de agua, de 1.5 a 4.5 barriles de agua por barril de petróleo producido. Finalmente, se comentó que el establecimiento de grandes instalaciones para producir petróleo a partir de arenas asfálticas y esquistos bituminosos requerirá de personal de soporte y trabajadores, alterando la situación social y el ambiente del lugar.

CARBON

En el caso del carbón se tienen diversos costos sociales, económicos y ambientales. Análogamente al caso de los hidrocarburos el tema fue dividido en exploración y extracción, transporte, almacenamiento y uso.

Se consideró que los mayores efectos provienen de las actividades del minado. Se comentó por separado cada uno de los métodos para extracción, dado que poseen efectos ambientales diferentes.

En el caso del minado subterráneo, se mencionaron los peligros físicos correspondientes a derrumbes, caídas de paredes, inundación, incendio y explosión; además de los peligros normales de actividades industriales con maquinaria pesada en espacios cerrados.

Los riesgos se han reducido sistemáticamente conforme las prácticas de minado se han mejorado. El incremento de la productividad ha conducido a un decremento en el riesgo por unidad de producto más que en el riesgo por empleado. En el caso de hundimiento, medidas como el rellenado han resultado adecuadas y reducido los peligros provenientes de pequeños temblores originados por acomodamientos.

A estos riesgos de accidente hay que adicionar los peligros provenientes de la exposición de los mineros al polvo.

Entre estos peligros el más común es el de la neumoconiosis. Sin embargo, la incidencia de ésta se está reduciendo debido a las medidas de control de polvos.

En el caso de los posibles peligros para el público, provenientes de las actividades del minado, se consideró que la principal era la de hundimientos, en especial en el caso de minas viejas donde se pueden presentar colapsos súbitos debido a un deterioro en la estructura de soportes de madera. Los hundimientos graduales de grandes áreas producen pocos problemas y las técnicas modernas de minado han reducido estos peligros.

Otro de los riesgos proviene de las montañas de escombros y sus posibles avalanchas. Estos riesgos pueden ser controlados por medio de una adecuada ubicación, control de su forma y drenaje y por disposición final, enterrándolos o por medio de las actividades que se indicó realiza MICARE en México.

En cuanto a los efectos sociales y económicos del minado subterráneo, se incluyeron la pérdida de tierra aprovechable debido a la ubicación de escombros, y aspectos relacionados con la característica de mano de obra intensiva de la actividad (aunque se está reduciendo esta característica), por lo que las consecuencias sociales son devastadoras cuando cesan sus actividades o resultan antieconómicas.

Debido a las actividades de minado subterráneo, puede ocurrir la contaminación del agua, ya que el agua que se bombea de la mina o que se filtra de otras, puede contener ácido sulfúrico y otros contaminantes. Además se mencionó que las aguas contaminadas de grandes profundidades pueden incluir trazas de elementos que no se encuentran en el medio ambiente local. Estos pueden ser tóxicos para las plantas y animales en el agua y en la tierra. En este caso se comentó que las técnicas de monitoreo pueden ayudar a reducir y en el mejor de los casos impedir el efecto adverso.

En el minado a cielo abierto, la situación es menos compleja en comparación con el minado subterráneo. Los riesgos de incendio son reducidos, y aunque se tienen los riesgos asociados con el dinamitado, para el público en general presentan poco peligro. En cambio, el impacto económico proveniente de la pérdida temporal o permanente de tierra puede ser sustancial, dependiendo del uso alternativo que se le pudiese dar. Los suministros locales de agua pueden ser afectados por el minado de superficie, ya que el carbón es un acuí

fero.

La principal área de preocupación desde el punto de vista ambiental asociada con este tipo de minado, corresponde a la regeneración de la tierra y en especial al tiempo que se tarde en hacerlo. Bajo estas circunstancias, la erosión del suelo puede ser rápida y la revegetación forzada o natural puede resultar más difícil. La amplitud de los problemas involucrados depende del régimen de precipitación de lluvias y de la pendiente de las laderas en la zona. El mayor impacto de este tipo de minado está asociado con la panorámica del lugar, además de dar lugar a posibles problemas provenientes del ruido.

Otro problema está asociado con el polvo, en especial en aquellas instalaciones que emplean aire comprimido para limpiar el carbón o cuando es calentado para retirar material orgánico. Un problema más, proviene de partículas finas de carbón suspendidas en el agua empleada en el lavado del mismo, y que a menos que sean tratadas o depositadas, pueden afectar adversamente la vida en el agua.

Se comentó que aunque en México por ahora no se contemplan refinerías de carbón en la vecindad de las minas (y tal vez nunca se tenga tal situación debido a las reservas probadas a nivel nacional), muy probablemente tales complejos estarían acompañados por emisiones no deseables al aire y agua de la localidad, a menos que en ellas se incluyan sistemas adecuados de control de la contaminación.

En el aspecto de transportación, el carbón presenta algunos impactos ambientales, aunque se consideró que estos son pequeños comparados con el minado y el procesado. El carbón es transportado por mar, ferrocarril y carretera. Independientemente de que el comercio internacional del carbón es pequeño comparado con el del petróleo, éste resultará cada vez más importante conforme la contribución del petróleo a las necesidades energéticas mundiales sea más pequeña. En el aspecto de transportación marítima, los peligros y riesgos son similares a los de cualquier otro embarque y tal vez se deban adicionar los correspondientes a un posible incendio. Desde luego no hay peligro o riesgo ecológico que sea comparable con el de la contaminación por petróleo.

En cuanto a la transportación por riel o carretera la situación correspondería al incremento de riesgos por accidente conforme se incrementa su uso.

En cuanto al almacenaje de carbón los peligros son prácticamente nulos, a menos que el volumen almacenado en un lugar sea muy grande (tal es el caso de una carboeléctrica). Bajo ciertas circunstancias, la oxidación espontánea del carbón (la cual siempre está presente con una rapidez muy pequeña) puede dar lugar a un aumento de la temperatura lo suficientemente grande como para prender el carbón e iniciar un incendio con las pérdidas económicas y de contaminación del aire correspondientes. Se indicaron diversas técnicas para controlar estos y otros muchos aspectos. En particular, se dió amplia información para el control de polvos en los apilamientos de carbón, desde su forma y altura hasta la orientación más adecuada respecto a las condiciones edáficas prevalientes en el lugar.

Con respecto a su empleo, el carbón presenta ciertos riesgos de incendio, pero no presenta riesgos de explosión comparables a los del gas. En cuanto a la combustión, ésta causa contaminación del aire, incluyendo la emisión o liberación de ciertas sustancias radiactivas (radio y torio) y cenizas. En el caso de las cenizas, se comentaron gran cantidad de medidas de control y en especial su empleo como aditivo en el cemento.

En cuanto a los equipos de control se habló sobre colectores inerciales, precipitadores electrostáticos, filtros, etc., para controlar los efectos provenientes de la emisión de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono y de otras emisiones.

ENERGIA GEOTERMICA

Para obtener energía geotérmica se perforan pozos de 1000 a 3000 metros de profundidad, en busca de agua caliente y bolsas de vapor de agua que pueden ser usados para calentamiento directo, producción de energía eléctrica y calefacción. En el presente, la producción de energía eléctrica constituye el uso más importante de la energía geotérmica, debido a que puede ser empleada y usada en el mismo sitio o enviada a grandes distancias. En cuanto a su empleo para propósitos de calefacción, estos están reducidos a zonas muy próximas al sitio de generación, ya que se tienen grandes pérdidas con la transmisión.

Los recursos geotérmicos se dividen, en general, en cinco tipos diferentes, a saber: a) vapor seco (150°C a 250°C), b) vapor húmedo (90°C a 350°C), c) re-

ursos geopresurizados (80°C a 180°C), d) gradiente geotérmico (hasta 300°C) y e) magma (hasta 650°C). De estas opciones, las dos primeras constituyen fuentes de energía que están disponibles técnica y económicamente, las otras están bajo investigación y experimentación de campo y su factibilidad económica futura dependerá en gran medida de las fluctuaciones en el costo y precio de las alternativas.

El desarrollo de la energía geotérmica ha avanzado lentamente debido a varias razones, entre ellas las siguientes: a) es una fuente de energía localizada y frecuentemente ocurre en zonas alejadas de los centros de población, b) la fuente no siempre aparece como un geiser y c) existen pocas industrias y técnicos involucrados en la exploración y explotación, así como en la tecnología asociada. La exploración requiere de técnicas más o menos complejas, tales como: resistividad eléctrica, métodos sísmicos y prospección remota. La inversión inicial para la exploración y construcción de la planta es alta, sin embargo, se tiene información en el sentido de que los costos de operación y mantenimiento son mínimos y el costo de combustible es nulo, por lo que se cree que éstas son más económicas que las plantas a base de combustibles fósiles.

En general, se considera que la energía geotérmica es renovable, sin embargo, esto no necesariamente es cierto. Se cree que sus tiempos de vida son de 30 a 50 años, dependiendo de las características del yacimiento y de los procedimientos de recuperación que se empleen.

Desde el punto de vista ambiental, la energía geotérmica es a menudo visualizada como una fuente de energía limpia, pero en realidad presenta una serie de problemas. Los efectos más serios incluyen contaminación del aire y agua, así como ruido y hundimientos de tierra. Además, se presentan consideraciones de carácter estético y de uso de la tierra.

La producción de energía a partir de fuentes geotérmicas constituye toda una operación de carácter industrial y por tanto todos los riesgos ambientales inherentes a estos procesos. En tanto que estas fuentes están localizadas en áreas escénicas, se presentan de inmediato problemas de tipo estético. Como toda industria pesada produce afectaciones en la tierra, la flora y fauna de los alrededores. El ruido usualmente está asociado con la actividad industrial, pero también incluye el proceden-

te del vapor a presión, el cual, cuando emerge a la boca del pozo, produce un ruido comparable al de un avión jet, afectando la salud y seguridad de los trabajadores. Cuando se emplea en la generación de electricidad, produce contaminación térmica local y por ello requiere de torres de enfriamiento o de otro tipo de disipadores de calor con el impacto correspondiente en el medio.

La contaminación del aire se presenta debido al sulfuro de hidrógeno, H_2S , el cual es liberado por el vapor a la atmósfera, y es tóxico, de mal olor y puede causar daño a la vegetación y vida animal. Aún a bajas concentraciones, puede causar efectos físicos y psicológicos en los seres humanos. Otros contaminantes del aire son el amoníaco, compuestos tóxicos de metales pesados y materiales radiactivos como el Radón-222.

Los fluidos geotérmicos contienen muchos contaminantes, los más importantes son sales, silicatos, carbonatos y sustancias tóxicas tales como amoníaco, arsénico, boro y mercurio. Los efluentes geotérmicos (vapor condensado y salmueras) pueden contaminar el suelo y los mantos freáticos, dañando a la vegetación, vida animal y agua potable. El carbonato de calcio se deposita y causa incrustaciones en el equipo y posiblemente taponamiento.

Debido a que es necesario extraer grandes cantidades de agua, se pueden producir hundimientos que afectan a los mantos o yacimientos de agua caliente. Algunos de estos problemas pueden ser resueltos mediante la reinyección de agua de desecho al yacimiento. El proceso permitiría en principio reducir la posibilidad de hundimientos y permitiría mantener la capacidad del yacimiento. El mayor impedimento es de carácter económico, debido a que la reinyección del agua condensada al yacimiento geopresurizado requiere de cantidades significativas de energía. Sin embargo, los costos son específicos del sitio y varían considerablemente. Para reducir los problemas se han sugerido muchas opciones, por ejemplo, acumulación de cabezales para minimizar las perturbaciones a la tierra, perforación direccional de forma que varios cabezales se alimenten de un solo pozo o serie de pozos, etc.

Se comentó sobre los posibles problemas ambientales provenientes de fuentes y tecnologías que todavía no han sido desarrolladas en proyectos de gran escala. Así, en el caso de yacimientos geopresurizados se piensa en serios efectos de hundimientos debido a la tremenda presión que causa el peso de la tie-

rra misma. Actualmente se piensa que la reinyección total es ineficiente desde el punto de vista energético.

Los recursos de roca-seca caliente y su tecnología, requieren de grandes cantidades de agua, lo cual puede ser su mayor obstáculo, en especial en zonas áridas. Sin embargo, si se produce vapor en lugar de agua caliente el volumen será mucho menor debido a los diferentes procesos requeridos.

En general, resultó claro que se requiere de un mayor esfuerzo de investigación de nuestros recursos geotérmicos; los aspectos ambientales añadirán preocupaciones y problemas significativos al proceso de desarrollo y utilización, pero es de esperarse que éstos puedan disminuirse con los avances tecnológicos.

ENERGIA NUCLEAR

La energía nuclear es a menudo criticada debido a que sus impactos sociales y ambientales se consideran inaceptables por algunas personas.

El daño o los daños en los seres vivos provienen del efecto ionizante de las radiaciones alfa, beta y gama. Asimismo, la ionización intensa local es más dañina que la ionización difusa.

En la consideración de los riesgos provenientes del material radiactivo se indicó que es importante distinguir entre radiación proveniente de fuera del cuerpo y radiación inhalada o ingerida (contaminación). Esta última es más importante debido a que los materiales activos radiactivamente pueden entrar en estrecho contacto con órganos vulnerables del cuerpo. Además, el material continuará causando daño hasta que éste decaiga a niveles ínfimos o sea expulsado por el cuerpo.

Se indicó que las estadísticas sobre los riesgos a la salud por radiación no son aplicables al público en general, debido a que están basadas en accidentes industriales o en estudios sobre personas en la vecindad de Hiroshima y Nagasaki que corresponden a dosis mucho más altas en comparación con las que podrían presentarse en la operación normal de un sistema de energía nuclear.

Se consideró que la pregunta clave consistía en: ¿existe una dosis umbral por debajo de la cual el daño puede ser considerado como despreciable, o cualquier dosis, por pequeña que sea debe

considerarse como de efectos dañinos?. Si bien no se discutió ampliamente esto, si se puede decir que lo más prudente es suponer que aún la dosis más pequeña puede conducir a algún riesgo, por lo menos hasta que una mayor comprensión de como reacciona el cuerpo humano indique lo contrario.

Durante el evento se tocaron diversos aspectos del minado, transporte y fabricación del combustible para el tipo de reactores actualmente en operación a nivel internacional. Más adelante, se consideró brevemente la operación de los reactores nucleares y los posibles accidentes; para luego tratar, también brevemente los aspectos del combustible irradiado, reprocesado, ciclo del plutonio y la disposición final de los residuos, así como las instalaciones con que se cuenta para este fin. De especial interés fue el estado de avance de Laguna Verde y las precauciones de carácter ambiental de la primera planta nuclear en México.

En el caso de la minería del uranio se mencionó que los trabajadores afrontan una serie de riesgos de accidente y que como en cualquier actividad de mina el riesgo es mucho mayor para el subterráneo que para el de a cielo abierto. Adicionalmente, se indicó que los mineros están expuestos a la radiación externa y a la inhalación de gas y polvos contaminados. El riesgo resultante para los trabajadores es cáncer y el riesgo para el público en general proviene de la ingestión de comida conteniendo productos del decaimiento del Radón.

Un punto que se hizo notar fuertemente es que los peligros del minado del uranio son muy dependientes de las precauciones de seguridad y de su buena práctica; que éstas varían con el tiempo y de país a país. En vista de esto, los riesgos en la extracción de uranio para un programa nuclear futuro son difíciles de enunciar y predecir.

Se comentó que los costos ambientales y sociales del transporte y enriquecimiento de uranio y de la fabricación del combustible del reactor, son bajos, ya que los volúmenes de material son pequeños y la radiactividad no es alta.

En cuanto a los peligros durante la operación, éstos caen bajo dos categorías a saber: a) aquellos asociados con la operación normal y b) los resultantes de accidentes. Los primeros, son en general pequeños y pueden ser reducidos empleando la tecnología apropiada. Se comentó que el intervalo de accidentes posibles en los diferentes tipos de

reactores es grande y que éstos van desde de pequeñas fugas en un elemento combustible hasta la fundición del núcleo del reactor. En general, el análisis e interés se centró en tres preguntas, a saber: a) ¿cuál es la probabilidad de que ocurra un evento?, b) ¿cómo responderán los sistemas de seguridad del reactor y cuál es la probabilidad de que el contenedor se fracture? y c) ¿si es factible una rotura del contenedor, cuanta actividad será liberada, en qué forma y por qué proceso podría alcanzar y afectar a los trabajadores y al público en general?. En general se indicó que las probabilidades son muy bajas, pero que no son cero.

Se indicó que no es factible un accidente en el reactor que pueda llevar a una explosión nuclear y que el peor accidente sería el de una pequeña explosión térmica, con la posible emisión de una porción apreciable de productos de fisión y elementos radiactivos pesados. Por lo anterior, se consideró que el reactor debe ser diseñado para que un accidente de estas características resulte improbable. De hecho, el reactor de Laguna Verde es del tipo de agua ligera y para este tipo de reactores el peor accidente y el más estudiado es el correspondiente a un "accidente por pérdida de refrigerante". En este caso el debate se centró en la confiabilidad de los sistemas diseñados para reducir la probabilidad de tales accidentes, en especial su eficiencia en el interior del reactor en un medio ambiente incierto después del evento.

En el accidente de la Isla de Tres Millas en los Estados Unidos de Norteamérica lo más grave fue la liberación de un poco de refrigerante radiactivo al medio ambiente y el peligro que esto representó para el público fue reducido. El sobrecalentamiento condujo a la fundición de una parte del combustible y al desprendimiento de hidrógeno en la reacción entre el vapor y el circaloy. Algunos de los presentes consideraron que esto es una demostración de los riesgos inherentes de la energía nuclear y que debía eliminarse, sin embargo, gran parte de la audiencia y de los ponentes indicaron que por el contrario, lo anterior era prueba de lo exitoso del confinamiento de un accidente real y una prueba contundente de la profunda filosofía de seguridad en la industria y los reactores nucleares, que el accidente era una lección y que esta ayudaría a hacer menos probables accidentes futuros.

Por otra parte, se comentaron los posibles accidentes debidos a acciones te

rroristas y actividades de sabotaje y aquellos que tienen su origen en fallas humanas, cuya probabilidad se incrementa con el aumento de la capacidad nuclear.

Finalmente, se trató sobre el combustible irradiado, el reprocesado, el reciclado del plutonio y la disposición final de los desechos. En cuanto al combustible irradiado éste está altamente contaminado con productos de fisión e isótopos activos pesados, por lo que el transporte para reprocesamiento presenta riesgos potenciales. El reprocesado o la disposición final del combustible irradiado ha sido objeto de los mayores debates en años recientes. Las opciones que se pueden visualizar son: a) reprocesado del combustible, separación del plutonio y uranio para ser reusado y disposición final, b) reprocesado del combustible, separación del uranio para reuso y disposición final del plutonio con el resto y c) disposición final del combustible irradiado sin reprocesado alguno. En cuanto a las dos primeras opciones, el problema está en decidir cual es el momento adecuado para llevarlo a cabo, si hacerlo inmediatamente y almacenar el uranio y/o plutonio para uso posterior o reprocesarlo cuando los productos sean requeridos. Cualquiera que sea la decisión, las actividades presentan riesgos y peligros de contaminación.

Aquí, de nuevo la situación es candente y hay quien se inclina por no reprocesar argumentando que de hacerlo se corren riesgos de contaminación y se propicia la posibilidad de robo del plutonio con sus consecuencias.

Asimismo, hay quienes opinan que no reprocesar presenta problemas de disposición de los desechos y en cambio hacerlo presenta beneficios tales como la reducción de los problemas de manejo de desechos al reducir el contenido de uranio y plutonio de larga vida y reducir los desperdicios a una forma manejable, al mismo tiempo que se reduce la necesidad de minar más uranio y con ello los riesgos ocupacionales.

De estos materiales el plutonio es el que presenta los rechazos más fuertes, ya que es altamente radiactivo, con vida media muy larga y es muy peligroso cuando es inhalado, ya que se deposita profundamente en los pulmones en pequeñas partículas insolubles, que son removidas muy lentamente. Además, son altos emisores de partículas alfa, las cuales son muy dañinas.

Los productos del reprocesado, alta-

mente radiactivos, requieren de su disposición final de manera permanente. Aquí se mencionaron gran cantidad de opciones, sin embargo, quedó claro que los riesgos originados por la disposición de los desechos son difíciles de establecer, en tanto que ello requiere de estimaciones de largo plazo sobre la confiabilidad del contenedor y otros elementos necesarios para su disposición final.

Por último, varios de los ponentes coincidieron en que la energía nuclear y sus aplicaciones gozan de una situación privilegiada desde el punto de vista ambiental, ya que ninguna otra fuente ha estado sujeta a controles tan estrictos y ha desarrollado tantas técnicas, metodologías, reglamentos, normas, etc., para su uso en cuanto a los aspectos de prevención, control y seguridad.

ELECTRICIDAD

Los principales efectos ambientales asociados con la electricidad se dividieron en efectos debidos a la generación, la transmisión y el uso.

En el caso de México, una gran parte de la energía eléctrica generada proviene de las plantas térmicas que queman combustibles fósiles. Los principales impactos ambientales provenientes de estas plantas son resultado de la quema de combustibles fósiles y del calor desperdiciado (sólo un tercio del calor producido por la combustión del combustible es convertido en electricidad). En el caso de los mantos de agua se pueden afectar las plantas y vida animal al incrementar la temperatura del agua (esto es álgido en ríos y en estuarios), modificando las especies al ahuyentar a unas y atraer a otras; y perturbar los ciclos alimenticios, destruyendo organismos y peces pequeños en las bombas de succión.

Muchos de estos y otros efectos pueden ser reducidos empleando torres de evaporación y enfriamiento o estanques artificiales aislados de los cuerpos de agua. Sin embargo, estas alternativas pueden producir a su vez efectos indeseables. Tal es el caso de las torres secas que pueden causar alteraciones en las condiciones climáticas.

El otro impacto ambiental de la electricidad está relacionado con sus necesidades de uso de la tierra. Además de las necesidades requeridas por la planta generadora misma, se requiere tierra para el tendido de las líneas de trans-

misión, área que dependerá de la ubicación del centro de producción con respecto a los centros de consumo. En algunos sitios se emplean máquinas diesel y turbinas de gas para generar energía eléctrica, que como son pequeños comparados con las centrales de potencia, producen efectos ambientales comparativamente pequeños.

La hidroenergía constituye una de las fuentes de energía más importantes. Los proyectos hidroeléctricos, son considerados fuentes de energía excelentes debido a que tienen una vida operativa larga, bajos costos de mantenimiento y no dependen de combustibles costosos.

Por otra parte, la tecnología está probada y altamente desarrollada. A diferencia de un gran número de instalaciones generadoras, las instalaciones hidroeléctricas son flexibles y poseen una excelente potencia de pico, por lo que son adecuadas para satisfacer fluctuaciones en la demanda de energía y esquemas de tipo multipropósito.

Este recurso es atractivo debido al ciclo hidrológico que lo renueva constantemente y a que las plantas hidroeléctricas operen produciendo energía libre de contaminantes.

Sin embargo, las plantas requieren de un sitio adecuado (con altura y/o corriente apropiados) para disponer de la presión o flujo necesario. Esto se logra con terrenos montañosos, con presas o ríos muy caudalosos. En el caso de presas, implica inundar valles y almacenar agua, formando lagos artificiales, los cuales pueden dar lugar a impactos ambientales significativos. Sin embargo, una buena planeación y administración del sistema puede minimizar el daño, permitiendo la generación de electricidad y proporcionando otro tipo de beneficios.

Desde el punto de vista ambiental, la formación de lagos artificiales presenta peligros de carácter físico y biológico. Para crear un lago artificial es necesario inundar grandes áreas de tierras, lo cual origina amenazas sobre la fauna y flora locales que pueden llegar hasta su extinción. Por ejemplo, se incrementa el contenido de nitrógeno en el agua con los consecuentes efectos sobre los peces. Por otra parte, en los almacenamientos profundos el agua de la parte baja es más fría y contiene poco oxígeno; al ser liberada presenta problemas para la vida acuática. Los sedimentos que son retenidos en las áreas de almacenamiento, no sólo reducen la capacidad de los lagos, sino que privan

a las áreas corriente abajo del sedimento que es vital para la agricultura y otras actividades.

Por otra parte, pueden presentarse filtraciones que den lugar a una elevación del nivel del agua subterránea, ocasionando la creación de ciénagas y pantanos. Se comentó que las presas en sitios que son activos sísmicamente constituyen un peligro para los seres vivos, las propiedades y el ambiente natural, ya que debido al peso del agua, grandes depósitos de ésta pueden ser la causa de temblores. Incluso, las investigaciones realizadas indican que se originan cambios en la vida acuática y terrestre por la presencia o formación de un lago artificial y que las presas obstruyen la migración de peces, excepto en aquellas en las que se construyen "escaleras para peces". Otros efectos corresponden a objeciones de tipo estético, al inundar cañones y valles. Las líneas de transmisión y torres afectan la panorámica y la vegetación de las áreas empleadas para su tendido y los procesos de control de crecimiento de la hierba en estas zonas afectan seriamente a la vegetación y presentan interferencia a las señales de radio.

Los grandes proyectos requieren de grandes tiempos de realización y grandes inversiones, y por lo general, se encuentran en regiones alejadas y aisladas, requiriéndose de la transmisión a grandes distancias. Las inversiones requeridas implican afectar el financiamiento de otras necesidades también prioritarias, con el consecuente impacto social y ambiental. Asimismo, otra serie de problemas de carácter legal y político afectan el uso y desarrollo de esta fuente.

Se consideró que las unidades pequeñas pueden proporcionar energía eléctrica a poblados en donde no se requieren grandes factores de carga y zonas rurales en donde no hay industria. Sin embargo, aquí se presenta el problema de que las turbinas, generadores y los trabajos de construcción resultan relativamente caros, aunado a la escasez de personal de ingeniería y de gestión, que pueden originar el retraso en los planes y proyectos en las regiones más pobres.

En resumen, la hidroenergía y su desarrollo habrán de ser mucho más altos de lo que actualmente son. Sin embargo, los efectos ecológicos adversos y los problemas de desarrollo requieren de mayor investigación y acciones correctivas. Los efectos ambientales colaterales de las presas ubicadas en sitios in

correctos pueden ser reducidos por medio del estudio cuidadoso de la actividad sísmica de la zona en prospecto, de la estabilidad ecológica, de la importancia y significancia del área para las actividades agrícolas, del estado sociocultural de la región y de programas de reubicación de la población que sean adecuados y completos en su enfoque.

Desde luego, no todos los efectos ambientales de las plantas hidroeléctricas pueden ser considerados como adversos. Se mencionó que permiten el control de avenidas, actividades de irrigación, facilidades recreacionales, pesca y muchas otras.

Otro aspecto que es esencial, es el monitoreo ambiental constante (antes y después de la obra) con objeto de identificar y reaccionar oportunamente a la degradación de la ecología terrestre y acuática.

En el caso de proyectos hidroeléctricos basados en recursos hidrológicos que no requieren de presas o cortinas, se tienen resultados ambientales adversos que son mínimos, ya que el agua es reencausada en una distancia pequeña a lo largo de la corriente.

Finalmente, los posibles impactos ambientales en la modificación del ciclo hidrológico natural en grandes proyectos son significativos y su futuro aprovechamiento y desarrollo requiere de una decidida, continua y seria consideración.

ENERGIA SOLAR

Frecuentemente se piensa que las fuentes de energía renovables son benignas ambientalmente hablando. Sin embargo, un análisis detallado puede revelar que éste, no necesariamente, es el caso.

La energía solar *per se* tiene poco impacto en el medio ambiente, ya que no produce contaminación térmica global, aunque si es empleada para la generación centralizada de potencia, puede contribuir a la contaminación térmica local. La instalación y mantenimiento de colectores solares presenta algunos riesgos de accidente. Además, debido a que la energía solar posee una densidad espacial baja, los requerimientos de materiales para los colectores de energía solar son grandes y los costos sociales y ambientales que estos representan pueden llegar a exceder los costos correspondientes a otras fuentes.

La energía solar puede ser aprovechada directa o indirectamente. Esta última toma la forma de vientos, mareas y materia biológica. La radiación directa puede ser transformada en calor o electricidad, dependiendo del uso final deseado. Calor y electricidad requieren de métodos diferentes, así como también lo requieren proyectos a pequeña y gran escala.

Las formas en que es transformada son: calentamiento pasivo, calentamiento activo y enfriamiento, sistemas solares térmicos de potencia y conversión directa o sistemas fotovoltaicos. A lo largo del simposio, se discutió en gran medida respecto a los costos económicos de una y otra aplicación y se indicaron algunos de los posibles desarrollos y ventajas.

Se señaló que un aspecto significativo de la energía solar está en su naturaleza descentralizada y que este aspecto era de atractivo especial para países como México que están caracterizados por la existencia de muchas comunidades rurales alejadas. En áreas rurales en donde la mayor parte de la energía para calentamiento y cocinado, proviene de la leña, la energía solar puede contribuir a satisfacer parte de la creciente demanda de energía y reducir la presión que se ejerce sobre los recursos forestales. Por otro lado, gran parte de las zonas rurales no están comprendidas dentro de las previsiones de electrificación a mediano y largo plazo, por lo que tecnologías como las celdas fotovoltaicas pueden ser alternativas para proporcionar la energía eléctrica, una vez que se analicen los costos.

Se estimó que los sistemas solares pueden resultar adecuados desde el punto de vista económico en áreas donde los sistemas tradicionales poseen altos costos de combustibles y mantenimiento. Además, estos sistemas requieren de dispositivos de almacenaje y de sistemas de respaldo; estos presentan problemas económicos y en alguna medida barreras de tipo tecnológico.

Desde el punto de vista ambiental, se indicó que los efectos adversos de esta fuente parecen despreciables, pero que efectos potenciales varían con el sistema. Se indicó que los sistemas activos y pasivos de calentamiento, incluyendo calentadores solares de agua y estufas para cocinado, tienen un impacto ambiental virtualmente nulo. Los colectores solares pueden producir pequeños cambios en el albedo (por ciento de la luz reflejada hacia la atmósfera).

Algunos aspectos potencialmente significativos pueden provenir de cambios en la estética. En ciudades, el uso de paneles solares en edificios tiene implicaciones legales, por lo que será necesario prestar atención al derecho de acceso al sol.

Los sistemas solares térmicos de potencia, requieren de grandes áreas de tierra y la pérdida de habitat es una de las primeras manifestaciones del daño ambiental proveniente de la producción de energía. Se aclaró, que la cantidad de terreno es una o dos veces menor que para minas de uranio y carbón, y que el daño ambiental es significativamente menor. En el caso de estos sistemas de generación de potencia se afecta el clima local y la torre alta, los arreglos de espejos y las líneas de transmisión eléctrica presentan problemas de carácter estético. Otro problema para estos sistemas es el suministro de agua, ya que las localidades ideales para estos sistemas son tierras áridas (áreas planas con mucho sol) donde el agua escasea. En estos sistemas, los fluidos de trabajo (freones, tolueno, etc.) causan daño a la flora cuando son liberados al ambiente y representan peligro para la salud de los trabajadores. Estos agentes contaminantes no son resultado de la operación normal del sistema, pero pueden resultar peligrosos en un accidente que los libere.

En el caso de las celdas fotovoltaicas se elevaron serias preocupaciones relacionadas con la producción de ellas y sus posibles impactos ambientales. Una vez en uso las celdas fotovoltaicas no causan o no parecen causar daño alguno, pero durante su manufactura se requieren sustancias que son potencialmente peligrosas. Los materiales empleados en su fabricación son: silicio, cadmio y arseniuro de galio. El silicio por sí mismo no es tóxico, pero el cadmio y arseniuro de galio son carcinogénicos. El silicio no produce directamente riesgos ambientales o de salud, pero su producción es altamente intensiva en energía e ineficiente. Consecuentemente se tienen emisiones que contaminan el aire durante la manufactura y pueden llegar a producir contaminación del aire por emisiones comparables con las producidas por plantas generadoras de carbón, produciendo la misma cantidad de energía.

El sulfuro de cadmio y el arseniuro de galio, son menos intensivos en energía, pero presentan problemas ambientales y de salud más serios. La contaminación por estos productos puede presentarse durante el proceso de fabricación a través de fugas accidentales al aire.

o a la tierra o si la celda es destruida en su estado final. Los riesgos ambientales y a la salud provenientes de estas sustancias han sido reportados en la literatura y van desde contaminación del agua por cadmio y sus consecuencias, hasta cáncer de pulmón como consecuencia de incrementos en la cantidad de arsénico en el aire en operaciones donde el proceso de manufactura requiere de éste.

BIOMASA

La biomasa constituye una fuente de energía atractiva debido a la diversidad de recursos renovables disponibles, y a su flexibilidad y amplitud de usos. Aunado a lo anterior, el proceso de conversión da lugar a una gran variedad de combustibles (metano, aceites sintéticos, carbón vegetal, etc.) y productos colaterales que pueden ser empleados como fertilizantes, alimentos y otros. Los combustibles obtenidos a partir de la biomasa pueden ser empleados para generar electricidad, calor y vapor. Los sistemas basados en la biomasa pueden ir desde los más sencillos (aquellos orientados hacia las familias rurales) hasta los más complejos (aquellos orientados al servicio de una ciudad).

Las categorías de la biomasa se clasificaron en: a) residuos agrícolas y forestales, b) plantaciones de árboles de rápido crecimiento, c) siembras anuales de rápido crecimiento, d) plantas productoras de hidrocarburos semejantes al petróleo, e) estiércol, f) sistemas acuáticos y g) desechos de actividades humanas.

Durante la discusión resultó claro que la bioenergía podía contribuir en alguna medida a la autosuficiencia energética de un país región, o comunidad y que en buena parte esta resultaba adecuada a las condiciones sociales, económicas y ambientales.

En el caso de los digestores se comentó que poseían la ventaja inherente de satisfacer una serie o variedad de tareas, incluyendo la de generar energía, controlar o ayudar a controlar la diseminación de enfermedades y el tratamiento de estiércol en fertilizantes, evitando infecciones. Se comentó que en muchos casos, las experiencias y éxitos se han debido más al deseo de proteger la salud que, el de disponer de energía.

Otro aspecto que se discutió fue el de la competencia por la tierra para producir alimentos y energía. Este as-

pecto es de carácter central para países como México que experimenta dificultades para satisfacer las necesidades de alimentación de su población con producción interna. Por otro lado, si se realizan esfuerzos por un mayor rendimiento de la tierra, se requieren más fertilizantes y pesticidas, lo cual a su vez demanda más energía. Además, los fertilizantes químicos y pesticidas tienen impactos peligrosos en el medio ambiente, incluyendo un decrecimiento de la productividad del suelo y alteraciones del ecosistema.

Algunos recursos biomásicos podrían ser producidos en tierras que no son apropiadas para la producción de alimentos, siempre y cuando se seleccionen especies apropiadas. El cultivo de plantas adicionales puede ayudar a reducir la erosión del suelo y a la conservación de agua en áreas que han sido degradadas.

En el aspecto de sistemas biomásicos marinos, las opciones son o parecen ser amplias. Sin embargo, aún cuando permiten conservar la tierra y dedicarla a otros usos, estos pueden tener efectos ecológicos insospechados, por lo que será necesario ir con mucho cuidado.

Uno de los aspectos que más se comentaron fue el de la leña y el carbón vegetal, debido a que la primera juega un papel central para buena parte de la población total del país. La madera es importante en aspectos tan diversos como el cocinado y la calefacción, como material de construcción y de manufactura de utensilios domésticos y agrícolas, y en buena medida como fuente de energía para cierto tipo de industrias locales. Cualquier perturbación en la disponibilidad y suministro de leña puede poner en peligro la supervivencia de millones de gentes.

La tendencia actual es la de un proceso de deforestación, erosión de suelos y desertificación, efectos que desde el punto de vista ecológico minan y reducen la capacidad del sistema a largo plazo para continuar proporcionando leña o alimento.

De seguir esta tendencia, grandes porciones de la población se verán afectadas adversamente, en especial las de bajos ingresos, con la reducción aún mayor de sus opciones de desarrollo.

En cuanto a la disponibilidad del recurso se pudieron notar tres niveles de déficit de leña: a) áreas de escasez aguda, b) áreas deficitarias y c) áreas que en un futuro más o menos cercano po-

drían presentar aspectos deficitarios.

Así como la época de combustibles baratos imposibilitó esfuerzos de conservación y llevó a su uso ineficiente, la abundancia de recursos forestales soslayó la necesidad de hacer un uso prudente de los recursos y contribuyó a lo que ahora es considerado como prácticas inadecuadas. Por otra parte, el precio del queroseno, petrolífero que constituye la principal fuente de energía para los habitantes urbanos de escasos recursos, está fuertemente atado al precio de los combustibles fósiles. De aquí que cuando los precios de este derivado del petróleo aumentan, esta parte de la población oriente su consumo hacia la leña y el carbón vegetal; este último consume grandes cantidades de leña y a menudo es producido y consumido de manera ineficiente.

Los proveedores de las zonas urbanas emplean el recurso más próximo al centro consumidor, originando deforestación de las zonas que rodean al centro urbano.

Conforme el desarrollo de la comunidad urbana aumenta, son requeridos más papel y productos derivados de los recursos forestales, con la consecuente presión sobre el recurso. Asimismo, el crecimiento de la población origina sus propios efectos sobre el recurso, al requerirse más espacio para habitación y servicios.

Se consideró que había una serie de áreas en las que se podría actuar desde ahora, ya que éstas resultan técnica y económicamente factibles. Estas son: a) incrementar la productividad de los recursos existentes, b) crear nuevas fuentes, c) organizar su distribución, d) mejorar las tecnologías de conversión, e) mejorar el diseño y la eficiencia de las estufas tradicionalmente empleadas y f) en la medida de lo posible y dependiendo de las características de la comunidad, la eliminación de la leña sustituyéndola por otra fuente apropiada.

En tanto que un incremento en la productividad de los recursos forestales existentes dará lugar a un incremento en el suministro de leña, las políticas nacionales en el área forestal deberían asignar a la producción de energía una alta prioridad y reconciliar los objetivos competitivos entre el preservar el recurso forestal y la necesidad de incrementar la disponibilidad de ésta. Esto obligará a revisar la legislación existente en el aspecto de tierras forestales, uso de la tierra y desarrollo rural y con ello estimular su mejor.

más adecuada y honesta administración y control. A esto habrá de adicionarse el disponer de un inventario confiable.

Se comentó que el mejorar las tecnologías de conversión es uno de los medios más adecuados para reducir la demanda de leña. Así, se estimó que se puede conservar una gran cantidad del recurso si se incrementa la eficiencia de la estufa tradicional de leña y carbón. Se indicó que los diseños disponibles permiten lograr eficiencias del 30% o más, reduciendo drásticamente el consumo. Sin embargo, se reconoció que es difícil generalizar, ya que la disponibilidad y naturaleza de la leña varía ampliamente de región a región, además de depender de los materiales disponibles, habilidades, alimentación y hábitos de cocinado, factores que determinan el diseño de las estufas y otros aspectos. De aquí que las modificaciones impliquen un alto grado de especificación del sitio y del tipo de recurso.

La sustitución de la leña y carbón vegetal en el futuro cercano por alguna otra fuente está extremadamente limitada por los precios de los combustibles fósiles, el estado de desarrollo de otras fuentes y la inercia ante el cambio en los patrones sociales y de consumo. Se comentó que no es deseable recomendar la sustitución de estas fuentes mediante desperdicios y residuos agrícolas, ya que esto podría traer como consecuencia la reducción de nutrientes orgánicos al suelo y con ello una reducción en la productividad agrícola.

Dependiendo de la disponibilidad de leña en las zonas inmediatas al centro poblacional, varía la cantidad de tiempo empleada en la recolección, distraiendo a los pobladores de otras actividades productivas, en virtud de que se tienen que recorrer cada vez mayores distancias para recolectar el recurso. El costo económico y social de este problema es difícil de evaluar.

Otra de las dificultades más importantes para remediar la problemática de la leña está en el insuficiente conocimiento de las necesidades de ella y en el potencial de suministro, así como en la falta de información y conocimiento de las posibilidades de una buena administración de este recurso.

En general los impactos crecerán conforme se empleen opciones de suministro más intensivas. En las instalaciones de conversión de energía el impacto más serio será sobre la calidad del aire y en específico la emisión de partículas puede ser alta y la polémica esta en es-

tablecer el nivel de control requerido o necesario en comparación con el costo para lograrlo.

Respecto a impactos en el agua, adicionales a los ya discutidos en el ciclo hidrológico, se presentan los correspondientes a la generación de vapor, transporte de cenizas y actividades generales de limpieza. Los impactos de necesidades de agua y sus descargas dependerán y variarán con el tamaño de la instalación de biomasa. Dadas las características relativamente benignas de las cenizas residuales su impacto en el medio es mínimo, debido a que las cenizas contienen poco material tóxico por lo que los impactos serán muy reducidos si se selecciona el sitio de los desechos adecuadamente. Además de estos efectos, se presentan muchos otros (impactos estéticos, ruido, uso de la tierra, etc.) debidos a las instalaciones biomásicas de conversión de energía, efectos que tienen que ser estudiados cuidadosamente.

En cuanto a los aspectos de tipo regulatorio en la selección del sitio de instalación y su licenciamiento es necesario revisar, adecuar y crear los instrumentos legales requeridos y relacionados con la calidad del aire y agua, con la disposición de los desperdicios, el uso del combustible, la ubicación de la instalación y muchos otros que deben ser considerados antes de que el proyecto particular pueda seguir. De todas estas posibilidades, las más importantes son aquellas relacionadas con la calidad del aire y por ello habrá de dárseles especial atención. Finalmente, en plantaciones a gran escala, en el largo plazo y con monocultivos, será necesario prestar atención a insectos y enfermedades epidémicas.

ENERGIA EOLICA

Esta energía proviene del calentamiento diferencial de la atmósfera terrestre por el sol. Se calcula que el 2% de los rayos solares que alcanzan a la tierra son convertidos en energía cinética en la atmósfera. Durante el evento se indicó que la energía eólica es una fuente de carácter aleatorio que varía en intensidad y confiabilidad a través del mundo. En tanto que la potencia del viento es proporcional al cubo de la velocidad del mismo, la cuidadosa selección del sitio es crucial para obtener la máxima energía y economía.

Los vientos más fuertes se pueden encontrar en islas, costas, lagos y monta-

nas. Se hizo énfasis en la necesidad de disponer de mapas eólicos detallados para poder evaluar el potencial eólico para generación de potencia, ya que las velocidades del viento varían grandemente en pequeñas áreas geográficas. Aunque las velocidades de viento altas son las más adecuadas, en zonas apartadas en las que el costo de los generadores de diesel y el diesel mismo es alto, la energía eólica puede ser económicamente adecuada, aún en el caso de velocidades bajas.

El viento no siempre está presente por lo que su variabilidad resulta tan importante como la velocidad misma. La variabilidad va desde segundos hasta meses, por lo que se consideró que la eólica es más adecuada para las siguientes situaciones:

- a) cuando se cuenta con un sistema de almacenamiento;
- b) en conexión con redes eléctricas para ahorrar combustibles;
- c) en casos en los que la demanda de energía es independiente del tiempo;
- d) en los casos en que la disponibilidad de viento está en correspondencia con las necesidades energéticas, por ejemplo, en invierno cuando los vientos son más frecuentes y las necesidades de calor mayores en algunos sitios.

Se señaló que los diseños y tipos de máquinas para aprovechar la energía eólica varían con el propósito y que la baja eficiencia (25 al 35%) es parcialmente compensada por el costo nulo en combustible y los bajos costos de mantenimiento.

Las áreas en las que los sistemas de energía eólica tienen mayor potencial son:

- a) bombeo de agua en regiones rurales, aún con velocidades promedio tan bajas como 3 a 3.5 m/s;
- b) suministro de electricidad a comunidades aisladas con propósitos de iluminación, comunicación, unidades médicas, etc., en combinación con algún tipo de sistema de almacenamiento;
- c) en sitios en donde se tienen altas velocidades de viento (mayores a los 5 m/s) que permitan conectarse a la red eléctrica y reducir el consumo de combustibles fósiles.

Se consideró que los diferentes dispositivos presentan dificultades y ventajas para su utilización. Los sistemas de muchas aspas para bombeo de agua presentan el problema de que su costo de importación es alto y el diseño puede resultar demasiado complejo para manufactura local; requiere además entrenamiento especial para su mantenimiento. Se concluyó que la investigación debería ir en el sentido de hacerlos más sencillos, ligeros y eficientes, así como la posibilidad de emplear materiales locales en su fabricación y con ello mantenerlos y repararlos localmente. En el caso de sistemas de tipo molino de viento, se indicó que son adecuados para velocidades del viento bajas y presentan el problema de requerir un cambio frecuente de la cubierta de las aspas.

En el caso de dispositivos eólicos para producción de energía eléctrica se requiere un análisis detallado de cuando es económica y prácticamente factible. En el caso de grandes instalaciones generadoras de electricidad habrá que hacer serios esfuerzos para determinar los costos de la opción, incluyendo aspectos de economía de escala y avances tecnológicos recientes en materiales, controles y electrónica, computadoras y técnicas analíticas desarrolladas en el campo de la energía eólica.

El otro problema serio con la energía eólica es el almacenamiento y está ligado de nuevo con la variabilidad de la misma. Este aspecto requiere de investigación y desarrollo.

Los problemas ambientales con la energía eólica parecen ser pocos. Así por ejemplo, aplicaciones a pequeña escala pueden dar lugar a consideraciones estéticas, siendo aún esto relativo desde otro punto de vista.

Las aplicaciones a gran escala presentan problemas relativamente mayores. Así, las granjas eólicas y otras aplicaciones de gran escala requieren de grandes extensiones de tierra y deberán ser comparadas con otros usos posibles de la tierra. Los rotores causan ruido en la vecindad de la turbina y pueden causar interferencia en las señales de radio y televisión, debido a que las aspas pueden reflejar las ondas electromagnéticas.

ENERGIA DE LOS OCEANOS

Se cuenta con recursos energéticos como las corrientes marinas, las olas,

las mareas, la salinidad y el gradiente térmico. Se espera que la energía proveniente del gradiente térmico y las mareas esté disponible para el año 2000 y la proveniente de las olas un poco más tarde.

Las plantas basadas en gradiente térmico tienen una eficiencia de 3 a 4%, que comparada al 42% de los combustibles fósiles, implica la necesidad de grandes volúmenes de agua para producir energía a costos adecuados. Los sistemas que se están desarrollando son de ciclo cerrado y de ciclo abierto. El de ciclo cerrado emplea amoníaco como fluido de trabajo, en tanto que, los de ciclo abierto emplean el agua de mar. Se comentó que gran parte de la tecnología necesaria para aprovechar el gradiente térmico está disponible y que tal vez la barrera más importante esté en el costo del titanio para proteger la tubería de la acción corrosiva del amoníaco. De las dos opciones (ciclo cerrado o abierto) la segunda es la que parece tener mayor potencial en base a su flexibilidad.

En cuanto a las mareas, éstas requieren de localidades adecuadas que permitan el almacenamiento de un alto volumen y por ello su uso quede restringido a unas decenas de lugares en el mundo. La tecnología está bien desarrollada y es similar a la usada en plantas de hidropotencia en grandes ríos.

El empleo del gradiente térmico implica aspectos políticos y de reglamentación que tendrán que ser desarrollados a lo largo de los aspectos tecnológicos. En cuanto a las olas, los países en desarrollo (excepto la parte oeste de África) poco tienen que aprovechar ya que se encuentran próximos a los trópicos y las olas más vigorosas se ubican en las altas y bajas latitudes.

Desde el punto de vista ambiental, los recursos basados en los océanos proporcionan energía que es relativamente libre de emisiones contaminantes asociadas con otras fuentes más convencionales. Ninguno de los tres tipos de energía que hemos mencionado requiere del uso de combustible alguno para sus funciones primarias y en la medida de que ellas están ubicadas y directamente ligadas al océano, se elimina el problema del uso de la tierra.

Si bien se puede decir que hay bases para tener cierto optimismo con respecto a muy poco impacto ambiental de la explotación energética de las olas, mareas y gradiente térmico, el presente estado de desarrollo no permite elaborar

una evaluación adecuada. En tanto que no se hayan desarrollado usos a gran escala de estos recursos, las proyecciones sobre el impacto ambiental serán de carácter teórico y especulativo.

Las plantas que operan en base a la potencia de las olas no afectan al medio ambiente a través de descargas térmicas, salinidad o desperdicios, sin embargo, tienen un efecto directo sobre el oleaje del cual se extrae la energía. Este efecto puede ser benéfico en sitios en los que se requiera de rompeolas, sin embargo, la aplicación de esto en gran escala, puede originar perturbaciones en el medio ambiente oceánico o afectar los procesos naturales de las costas. Es sabido que aguas quietas propician el crecimiento de organismos marinos en el habitat protegido y dan lugar a un impacto potencialmente perturbador. Las aguas quietas pueden modificar el proceso de formación de nubes, proceso que depende del efecto de arrastre de la evaporación por el viento.

La generación de potencia a partir de las mareas está relativamente libre de la descarga de elementos contaminantes, pero es necesario estudiar y evaluar su efecto en las zonas inundadas y en la ecología marina de la cuenca correspondiente.

En el caso del gradiente térmico, la utilización e instalación de pequeñas plantas parece tener efectos ambientales que son mínimos. Se piensa sin embargo, que habría un cierto potencial para cambios ambientales extensivos en el caso de la aplicación a gran escala de esta tecnología en el mundo. Uno de los impactos está en la extracción y re-alimentación al sistema marino de grandes volúmenes de agua fría del fondo o grandes profundidades marinas. Dependiendo del tipo de instalación se pueden presentar fugas de compuestos químicos y descargas que pueden tener impactos negativos. Estas fugas pueden provenir del fluido de trabajo, o de otros compuestos químicos usados como agentes antiadherentes en los intercambiadores de calor para mantenerlos libres de organismos marinos.

Conforme se bombean grandes cantidades de agua fría muchos organismos y animales marinos pueden ser atrapados y destruidos. Además, el agua fría de las profundidades del océano contiene más dióxido de carbono que las aguas superficiales, este gas es liberado durante la operación de las plantas de gradiente térmico, con los consecuentes disturbios en el clima debido al dióxido de carbono y al enfriamiento de las aguas

superficiales del mar. Sin embargo, algunos cálculos indican que el dióxido de carbono liberado es relativamente más bajo que en el caso de la combustión de combustibles fósiles. Otro posible impacto sería el enfriamiento de los océanos y con ello la reducción de la temperatura del aire en los trópicos y elevación de ella en las latitudes medias. Con ello se presentaría una reducción en la evaporación del agua y esto se reflejaría en una menor cantidad de energía hacia el espacio exterior, produciéndose cambios climáticos desconocidos por el momento.

Finalmente, el bombeo de grandes cantidades de agua implica cambios en la estructura térmica de los océanos, en los nutrientes y en los gradientes de salinidad. La redistribución del agua, traería consigo aguas ricas en nutrientes de las profundidades a la superficie, lo cual puede estimular el crecimiento y desarrollo de organismos marinos nuevos y con consecuencias aún desconocidas.

CONSERVACION

Una importante fuente de energía que se omitió durante la reunión fue la conservación, esto es, "el suministro adicional de energía" que se tendría debido a la reducción de los dispendios en edificios, en vehículos pesados, en procesos industriales ineficientes y otros. Al igual que en las fuentes renovables, la conservación no está exenta de penalizaciones ambientales y será necesario investigar de cerca el área de impactos ambientales provenientes de un incremento en la eficiencia.

METODOLOGIA

Quizás lo más sobresaliente de esta parte de la discusión, está en lo inadecuado de las metodologías ahora disponibles para el análisis detallado de los impactos ambientales debidos a las tecnologías energéticas. El grado de adecuación de estas, cubre el intervalo completo del espectro de las herramientas analíticas. Se discutió respecto a los criterios o índices empleados para juzgar y comparar los impactos ambientales; sobre los métodos para cuantificar los impactos y sus costos que en muchas ocasiones están pobremente desarrollados o presentan serios defectos y sobre la poca o reducida habilidad para comparar cosas de características diferentes y que en multitud de ocasiones impiden

poder alcanzar el objetivo principal.

La comparación de consecuencias sociales es posible de una manera directa solamente en el caso de que se disponga de una base común que permita expresar la pérdida que cada uno experimenta. Los problemas que se detectaron se pueden englobar en tres clases a saber:

- a) problemas de medición
- b) problemas de predicción
- c) problemas de valoración

Estos tres problemas constituyen retos a nuestras capacidades tecnológicas, recalcan nuestra ingenuidad respecto a los sistemas biológicos complejos y cuestionan lo que algunas veces referimos como nuestros "valores morales".

Desde luego, las dificultades metodológicas no están confinadas a los aspectos ambientales relacionados con el uso de la energía, sino que se relacionan con las actividades humanas que originan serias consecuencias ecológicas.

En cuanto a los problemas de medición se tienen los siguientes:

- a) Identificación de los impactos a que está sujeto el sistema, debido a la acción de una fuente de energía o de una tecnología; esto es, no podemos tener la certeza de haber considerado todos los parámetros importantes.
- b) Diversidad en la acción de impactos conocidos, es decir, el número de parámetros que han sido identificados como potencialmente importantes, que pueden estar más allá de nuestra capacidad para monitorearlos con el detalle necesario.
- c) Instrumentación y sensibilidad, es decir, el impacto asociado con una fuente de energía y la tecnología energética correspondiente pueden presentar efectos que sean significativos y que estén por debajo de la sensibilidad de nuestros instrumentos y técnicas de medición.
- d) Determinación de las dimensiones y estructura espacial de los ecosistemas y su heterogeneidad, así como sus cambios temporales, correlaciones y relaciones causales.
- e) Inseparabilidad de los impactos, provenientes de causas naturales

y de los originados por el hombre.

- f) Disponibilidad de datos acumulados sobre el impacto asociado con el desarrollo energético.

En este último punto se resaltaron los siguientes aspectos:

- 1) La falta de técnicas analíticas estandarizadas para el manejo de muchos parámetros, lo que inhibe nuestra capacidad para generalizar a partir de los datos disponibles.
- 2) En la mayoría de los casos, los datos resultan escasos y dispersos y aquéllos que resultan voluminosos nos obligan a emplear sistemas de cómputo, de los que no siempre se dispone. En otros países esto ha dado lugar a gran número de agencias que han creado su propia base de datos, por lo que el problema del volumen ha regresado, pero ahora bajo un aspecto diferente. Es por ello que es bienvenido todo esfuerzo de consolidación de estas bases de datos y su publicación bajo mecanismos que analicen el campo en una forma inteligente y amplia.

En cuanto a los problemas de predicción o generalización de las respuestas ecológicas, se hizo una distinción de carácter muy burdo para enfrentarlas y se les clasificó en aquellos relacionados con estudios de campo, con trabajos de laboratorio y con modelación matemática, incluyendo actividades de simulación y trabajo teórico sobre propiedades fundamentales de ecosistemas. Si bien muchos investigadores y estudiosos de estos problemas combinan estos tres aspectos, se consideró que representaban actividades separadas y se examinaron brevemente las ventajas y desventajas metodológicas de cada uno. Además, se reconoció que muchos de los aspectos indicados en la medición de los impactos se presentan también en la medición de la respuesta ecológica.

En alguna medida se consideró que los estudios de campo han sido y seguirán siendo uno de los principales caminos para incrementar el entendimiento de los ecosistemas. Sin embargo, en algunas áreas pudiera considerarse que los trabajos de laboratorio y modelación pueden ayudar a dirigir y orientar el trabajo de campo y explicar algunas observaciones, pero de necesidad su papel puede ser de carácter secundario en esas áreas. En cambio en otras áreas constituyen herramientas muy útiles en

el análisis de impactos ambientales y su relación con las políticas energéticas a nivel local, regional y global. Todo esto independientemente del límite número de retroalimentaciones que se incorporan en estos cálculos.

Finalmente, bajo el supuesto de que es posible dar una lista exhaustiva de los impactos ecológicos y de las correspondientes respuestas ecológicas, se abordó el problema de la valuación de estas respuestas. Se observó que la discusión tiene solución clara en unos cuantos cambios ecológicos con obvias repercusiones de carácter monetario y/o médico. Pero se comentó que la totalidad de las repercusiones es tan complicada, tan sutil y a menudo tan retrasada en tiempo que resulta seductor el sólo tratar aquellos aspectos que son claramente cuantificables. Por otra parte, es necesario asegurar la participación del público en general y de esta manera desarrollar políticas ambientales balanceadas.

En el aspecto de los efectos climáticos se argumentó que dada la distribución no uniforme de los insumos calóricos a la atmósfera, producidos por el hombre, los cambios más importantes serían a escala regional en el corto plazo y en el largo plazo a escala global. En vista de ello, se cuestionó seriamente la conveniencia de exceder el nivel actual de uso de combustibles fósiles e inclusive se indicó que los efectos ambientales a largo plazo serían los que determinarían el nivel de empleo de los combustibles fósiles y no la magnitud de las reservas disponibles de estos últimos.

Independientemente de las dificultades metodológicas, se dispone de suficiente información para externar y soportar las siguientes conclusiones:

Primero, es clara la posibilidad de una seria interferencia en procesos ambientales críticos, así como efectos directos en la salud humana. Segundo, no existe tecnología energética ni fuente libre de afectación ambiental. Tercero, en áreas donde se tiene alto grado de irreversibilidad el objetivo central debe ser reducir la probabilidad de tales cambios. Cuarto, la necesidad de darse el tiempo para obtener mayor conocimiento de los retos y peligros, para desarrollar y emplear tecnologías más benignas ambientalmente, así como el diseño y evaluación de programas de control de la contaminación que inevitablemente estarán sujetos a proceder bajo la presencia de fuertes incertidumbres.

Independientemente de las energías e impactos que se revisaron, de las preguntas que se hicieron y de las respuestas que se dieron durante el evento, es claro que no disponemos de un amplio, consistente y políticamente relacionado conjunto de valoraciones del aspecto ambiental de las fuentes de energía y sus tecnologías, aún en el caso de aquellas más extensivas e intensamente estudiadas como pueden ser las no renovables.

Finalmente, se mencionó el problema de la distribución de los costos ambientales entre los diferentes grupos de personas, se indicó que algunos se benefician directamente de las actividades que producen los costos y otros están lejos de alcanzar estos beneficios. Se indicó que este problema ha recibido poca atención hasta el momento en comparación con otros aspectos.

Se aseveró que a la larga este aspecto será decisivo y si los costos ambientales son grandes, difíciles de cuantificar e impuestos a grupos alejados en espacio y tiempo de aquellos que eligen las tecnologías y reciben los beneficios, entonces la elección de qué clase y qué tanta energía va a ser usada resulta injusta e ineficiente.

PREPARACION DE PERSONAL

A lo largo del evento se resaltó continuamente el problema de la disponibilidad y las necesidades futuras de personal en las diversas áreas del campo energético-ambiental.

De los diversos aspectos que se discutieron, podemos resumir las ideas planteadas en cuatro puntos esenciales. En el aspecto de entrenamiento, se indicó la conveniencia de diseñar uno o varios procesos o métodos para desarrollar habilidades de carácter práctico y mecanismos de evaluación del desempeño. En cuanto a la capacitación es necesario crear un programa educativo que permita la transmisión de la información y de los desarrollos conceptuales a una amplia gama de profesionales, no sólo a los directamente relacionados con la

energía, sino a individuos de muy diversas y variadas disciplinas. Asimismo, se indicó que es necesario auspiciar la disposición de sistemas de soporte necesarios para la preparación y entrenamiento de personal, en especial los sistemas de transferencia de información. Estos deben ser integrales y por tanto planeados, presupuestados y financiados apropiadamente, de manera continua y libres de los cambios en individuos. Finalmente, los programas de preparación y entrenamiento de personal deberán promover una perspectiva integrada de los factores técnicos, económicos, políticos, culturales y sociales que afecten la utilización de las fuentes de energía convencionales y el posible desarrollo y aplicación de las no convencionales, así como sus impactos ambientales.

Para finalizar, podemos indicar que los efectos ambientales inherentes a las variadas formas de energía y la diversidad de usos de la misma, corren desde aquellos que se consideraron como sin consecuencias hasta aquellos en los que éstas son sustanciales. Fueron claras, en todo momento, las obvias ventajas de controlar, reducir y prevenir estos efectos al máximo posible desde el punto de vista práctico. Sin embargo, es necesario reconocer que las medidas de control ambiental, por sí mismas, no están libres de impactos, en términos de costos, empleos, recursos y otros aspectos. Es claro que el control podría llevarse al extremo (para muchos inaceptable) en que se niegue a una sociedad o parte de la misma el uso de un combustible o de una fuente de energía. Por otra parte, la producción y uso de energía sin ningún control y sin atención a los impactos de estas acciones sobre el medio ambiente, resulta igualmente inaceptable. De aquí que el problema consista en balancear las necesidades energéticas de la sociedad con la necesidad de un medio ambiente habitable, al mismo tiempo que se da la atención, medios y facilidades adecuados a los factores técnicos, económicos y sociales de dicha sociedad.

Dr. Juan Quintanilla Martínez

**PALABRAS FINALES
Y
CLAUSURA**

COMENTARIOS FINALES Y CLAUSURA

Dr. Mariano Bauer
Programa Universitario de Energía, UNAM

Creo que se ha planteado bien donde está el problema en la cuestión de la relación entre energía y medio ambiente. En el concepto de energía tenemos una definición precisa; claro que se ha tardado 2000 años en llegar a ella. Tenemos también una cuantificación no solamente de la energía en sí misma, sino de los energéticos, de los procesos de transformación, de los usos finales, etc.

En cuanto al medio ambiente, este es un concepto que no es tan fácil de definir. Ciertamente se establecen porcentajes de contaminación de CO₂, de óxidos nitrosos, etc.; y en muchas otras cosas se ha avanzado en cuanto a cuantificarlos. Pero cuando empezamos a hablar de cuestiones como la calidad de la vida, la contaminación visual, esto es ya mucho más subjetivo. Aquí es donde se inician las controversias.

En general, lo que buscamos es el bienestar general y esto implica cuestiones económicas, de salud y de valores ecológicos, algunos bien definidos, otros no. La problemática se establece en general entre dos extremos. Para lograr desarrollo todos aceptamos que se necesita incrementar el uso de los energéticos. Un extremo es, entonces, explotar los recursos, en base a que queremos desarrollarnos, sin consideración de ninguna clase sobre posibles impactos adversos. Creo que afortunadamente ya no estamos en este extremo. El otro extremo consiste en no hacer nada hasta saber exactamente cuales van a ser todos los impactos, y esto es muy difícil. Nos llevaría a parar todo. ¿Por qué es muy difícil?. Porque todo esta interconectado, como lo hemos visto en el curso de las presentaciones. Hay efectos inmediatos, contiguos tanto en el espacio como en el tiempo, en las cercanías de la extracción, de la transformación y del uso final de los energéticos. Y hay impactos que implican una transferencia a distancia, también distancia física o distancia en el tiempo. Es decir, podemos tener impactos que se manifiestan a muchos kilómetros, a miles de kilómetros de distancia de lo que finalmente se detecta que es la causa, o

bien impactos que van a ocurrir a los diez o a los cincuenta años, como es la contaminación de la atmósfera con el CO₂. Es claro entonces que es muy difícil prever todo. Lo importante, como ya se ve aquí, es que ya hay un esfuerzo de prever, esto es, de considerar y discutir las posibles consecuencias antes de lanzarse a cualquier desarrollo. Que hay que hacer mucho más trabajo, que hay que hacer mucho más estudio, es obvio. Sabemos que tenemos que establecer compromisos entre un extremo y otro. Tratemos por lo tanto, de hacerlo con la mayor información posible, información objetiva, que podamos.

Quiero hacer dos señalamientos con respecto a los problemas que hemos escuchado. Algunos tienen soluciones tecnológicas, que se están aplicando, mientras que otros se están vislumbrando apenas, y que ciertamente sería interesante participar en su desarrollo. Voy a mencionar uno, que se esta empezando a manejar con el nombre de "Sistemas Energéticos Integrados Horizontalmente".

No soy químico, pero la idea es la siguiente. Como hemos escuchado aquí, la contaminación que proviene de la utilización de los energéticos ocurre a la hora de la combustión en la mayor parte; se crean entonces los óxidos nitrosos o bien si la combustión es incompleta, el CO₂. Se trata de un proceso de tipo vertical. Se va del energético primario hasta el uso final a través de una serie de pasos: para el petróleo se inicia en el proceso de la refinación que ya emite contaminantes al ambiente, y en el que se producen gasolinas que se queman en motores de combustión y se vuelven a producir más contaminantes. El carbón va directamente al proceso de combustión. Tanto el carbón como el petróleo contienen mezclas de metales pesados que terminan en el medio ambiente en forma de óxidos, además del dióxido de carbono y de óxidos nitrosos producto de una combustión incompleta en aire. Las medidas anticontaminantes se enfocan esencialmente a tratar de capturar estos compuestos resultantes, antes de que sean emitidos a la atmósfera al final del proceso.

La idea lógica sería que corrigamos todas las cuestiones de inicio y que en el proceso final, en la combustión final, no ocurran desechos ni contaminantes. Un primer paso ya está dado, como acaban de mencionar, que consiste en de sulfurar el crudo pesado; y lo mismo podríamos decir del carbón, esto es, quitarle ese azufre desde el principio, antes de utilizarlos en cualquier proceso. Esto es mucho más fácil que luego tratar de limpiar el aire o las aguas de esos desechos. Pero el concepto de sistema energético integrado horizontalmente va más lejos. En los procesos de combustión de los energéticos primarios, los elementos químicos como carbono, hidrógeno y oxígeno no entran en las proporciones exactas para la reacción química buscada y por eso hay remanentes indeseados. ¿Porqué no, entonces, descomponer primero los energéticos básicos, - carbón, petróleo, gas natural, aire - y luego combinar elementos en las proporciones adecuadas?.

Así por ejemplo, del aire se separa el nitrógeno, y se usa sólo el oxígeno, evitándose los compuestos nitrosos finales. Un aspecto interesante de este esquema es que, como en general hay déficit de hidrógeno para los balances químicos apropiados, se puede recurrir a obtenerlo del agua. Así el agua se convierte en energético primario. El concepto de horizontalidad es que los energéticos naturales sirven para integrar el stock común de elementos químicos del cual se surten los diversos procesos que requieren los diversos usos finales. Los proponentes de este concepto aseguran que podría dar lugar a un sistema energético sin contaminación ambiental.

Casi todos los procesos químicos y las tecnologías son conocidas. El problema es que económicamente no compiten, en este momento. Por lo tanto, hay que lograr desarrollos tecnológicos para mejorar la eficiencia y el rendimiento económico. En resumen, este concepto, que se está desarrollando y que sería muy interesante a futuro, consiste en no tratar de limpiar una vez ensuciado, sino ocuparse que desde el principio no ocurra ningún desecho.

El segundo señalamiento concierne a la posibilidad de soluciones no tecnológicas y que siento que no se han tocado lo suficiente aquí. Aunque parece (no estuve yo presente), hubo un regaño hacia los técnicos de que no consideraban demasiado los aspectos sociales, lo cierto es que no hay suficientes estudios de tipo social que podrían proporcionar soluciones rápidas a ciertos pro-

blemas. Voy a aventar una idea. Ustedes dirán si es buena o es mala.

Nos dicen que la contaminación de ciudades como ésta proviene esencialmente del transporte, de los vehículos. Los datos fueron dados aquí. El desplazarse en nuestra ciudad produce también una contaminación que se llama stress, esto es, una presión psicológica. Lo más que se ha mencionado como solución es que hay que pasar a transporte colectivo, en vez del transporte individual. En esto se está trabajando, pero cuesta mucho dinero y tardará algunos años en implementarse totalmente, esto es en proporcionar transporte colectivo a todo el mundo.

Habría sin embargo, otra solución un poco más rápida, a nivel de paliativo. Ciertamente ha sido una conquista del movimiento obrero la jornada de ocho horas y la semana de 48 horas en algunos casos y de 40 en otros. Esto se motivó, históricamente, frente a condiciones de explotación del individuo en trabajos muy pesados donde eran jornadas de 16, 18 horas, etc.

Hemos evolucionado bastante. El tipo de trabajo que hacemos hoy en día, aún en los trabajos manuales, no es tan pesado, gracias a innumerables adelantos tecnológicos. Cabría pensar en porqué no dividimos esas 48 ó 40 horas en jornadas un poco más largas, pero con un día menos de asistencia al lugar de trabajo. Los que tienen 40 horas de trabajo, en vez de hacerlo en cinco días lo harían en cuatro, con jornadas de 10 horas cada una. Eso disminuiría el número de viajes que una persona tiene que hacer a la semana. Considerando que a mucha gente en esta ciudad les toma tres horas en ir al trabajo y volver de él, creo que fácilmente podrían aceptar ese alargamiento a los días de trabajo para ahorrarse un desplazamiento. Los sitios de trabajo, oficinas, fábricas, comercios, permanecerían abiertos, sin embargo, los mismos días que ahora, en la medida que se pudieran reasignar las funciones laborales a cubrir. Por lo tanto, no todos los trabajadores tendrían el mismo día libre adicional.

Esta medida inmediatamente cortaría en un 20% el número de viajes que se hacen por semana, disminuiría la contaminación y disminuiría el consumo energético. Es una medida que deberían estar considerando por ejemplo los sindicatos, ya que implicaría al trabajador un ahorro en su gasto de transporte. Este no es mucho si se usa el metro, pero sube considerablemente si se completa el viaje en pesero o autobus suburbano.

Para concluir, este tipo de medidas que implican cambios de organización y que requieren ciertamente estudios detallados, podrían tener un impacto a corto plazo y sin mucho costo.

Antes de proceder a la clausura oficial me uno a la felicitación que ha hecho el Dr. Rascón a los ponentes y a los participantes. Con sus ponencias, preguntas y comentarios han hecho de este simposio un evento de mucha altura, tanto por el contenido de información como de discusión y de avance en la pro

blemática. Quiero también extender un agradecimiento a los coordinadores, el Mtro. en Ingeniería Enrique Heras Herrera y al Dr. Juan Quintanilla Martínez, que han sido los motores de toda esta organización y que han trabajado infatigablemente. Pido un aplauso para ellos y los felicito.

Siendo las ocho horas cinco minutos, del día 5 de diciembre de 1984, me complace dar por clausurado el Simposio sobre Energía y Medio ambiente. Muchas gracias a todos.

Memoria del simposio: Energía y Medio Ambiente, editado por el Programa Universitario de Energía. La edición consta de 1 000 ejemplares y se terminó de imprimir en JAARMA el 29 de agosto de 1986

Apunte
70-A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



612234

1986
G.- 612234