



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

**Beneficios económicos y ambientales de la energía en México frente al
impacto por el cambio climático y la transición hacia un enfoque
sustentable**

T e s i s

Que para optar por el grado de:

Doctor en Ciencias de la Administración

Presenta:
Juvenal Flores Sánchez

Comité Tutor

Tutor principal:

Dra. María Hortensia Lacayo Ojeda
Facultad de Contaduría y Administración

Dr. Adrián Sergio Barrera Roldan
Facultad de Ciencias

Dra. Blanca Elena Jiménez Cisneros
Instituto de Ingeniería

Ciudad de México, octubre de 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

**Beneficios económicos y ambientales de la energía en México frente al
impacto por el cambio climático y la transición hacia un enfoque
sustentable**

T e s i s

Que para optar por el grado de:

Doctor en Ciencias de la Administración

Presenta:
Juvenal Flores Sánchez

Comité Tutor

Tutor principal:

Dra. María Hortensia Lacayo Ojeda
Facultad de Contaduría y Administración

Dr. Adrián Sergio Barrera Roldan
Facultad de Ciencias

Dra. Blanca Elena Jiménez Cisneros
Instituto de Ingeniería

Ciudad de México, octubre de 2017

xiii Dedicatorias

Quiero agradecer ante todo a mis padres por haberme inculcado valores como el estudio, honradez, disciplina y perseverancia...

Gracias en verdad a:

Reynaldo Flores Sánchez

Amparo Sánchez Hernández

...Y a nuestra máxima casa de estudios por mi formación a lo largo de todos estos años

También quiero agradecer su valioso apoyo y estímulo a mis hermanos y cuñados:

Lidia Roselia y Juan José

Silvestre

Sonia

Silvia y Raúl

Hilda

A mis sobrinos:

José Alberto y Juan Daniel

Anaid Montserrat y Raúl Rodrigo

Santiago Javier

A mis tíos por su estímulo:

Romelia y Francisco

Ofelia y Elí

María de Jesús

A mis maestros por su enseñanza y sus consejos:

Hortensia Lacayo y Jorge Juárez

Adrián Barrera

Blanca Jiménez

Cecilio Álvarez

Jorge Cardiel

José Ramón Torres

Abdol Reza

Joel Sevilla

Jorge Colín

A mis amigos y compañeros de trabajo:

Gustavo Almaguer

Irene Reyes

María Elena Camarena

Erika Sánchez

Arturo Morales

Rosario Higuera

Sara Espinosa

Salvador Herrera

Mario Hernández

Isidro Domínguez

Alejandro Flores

Rufo

A los miembros del Departamento de Doctorado:

Alfredo Delgado

Leticia Martínez

Blanca Flores

Columba Pérez

Norma Tadeo

A mis amigos y compañeros del doctorado y de maestría por su amistad y consejos:

Horacio Rodríguez

Rosalina Báez

Jorge González

A mis alumnas de servicio social por su amistad y valioso apoyo:

Liliana Galván

Nora García

Navani de los Ríos

A mis amigos por su amistad a lo largo de muchos años:

Adrián Reyes

Ramón Palma

Federico Petitjean

Laura Petitjean

Shantal, Gilles y Brandon Petitjean

Daniel Chavolla

Raúl Sierra y Gloria de Sierra

Lulú Poblano

Francisco Arrieta

Jenaro García

A mis alumnos y amigos:

Miguel y Luisa

A mis amigos de la Casa Club:

Gustavo Lugo

Enrique Minto

Alejandro Ramos

Ángel Zaráin

Carlos López Wilchis

José Calderón

Pablo Sandoval

Raúl Vargas

Patricia López y Rosita Núñez

César Cárdenas

Roberto Ramos y Silvina Velázquez

Rafael Villegas

Handy Malfavon

Enrique Acosta

“...y antes de la gloria hay humildad”.

(Prov. 15:33, Traducción del Nuevo Mundo).

xiv Índice

xi	Portada, 1
xii	Portadilla, 2
xiii	Dedicatorias, 4
xiv	Índice, 9
xv	Introducción, 16
xvi	Fuentes de información consultadas, 415

Capítulo 1 Protocolo de Investigación, 18

1.1	Tema de Investigación, 18
1.2	Título de la Investigación, 18
1.3	Planteamiento del Problema, 18
1.4	Justificación de la Investigación, 25
1.4.1	El Sector Energético de México, 26
1.5	Matriz de congruencia de la investigación, 30
1.6	Tipo de estudio, 31
1.6.1	Observacional, 31
1.6.2	Longitudinal, 31
1.6.3	Descriptivo, 32
1.7	Metodología, 32

Capítulo 2 Cambio Climático Global, 33

2.1	Definición y evidencia del cambio climático, 33
2.2	Manifestaciones presentadas en el clima, 35
2.2.1	En la Atmósfera, 36
2.2.2	En los océanos, 37
2.2.3	En la Criósfera, 38
2.2.4	En el nivel del mar, 40
2.2.5	En el ciclo del Carbono, 40
2.3	Prospectiva del cambio climático mundial y regional, 42
2.3.1	En la Atmósfera (temperaturas), 42
2.3.2	En la Atmósfera (ciclo del agua), 42
2.3.3	En la Atmósfera (Calidad del aire), 43
2.3.4	En los océanos, 43
2.3.5	En la Criósfera, 44
2.3.6	En el nivel del mar, 44
2.3.7	En el ciclo del carbono, 45
2.3.8	Estabilización del clima, 45
2.4	Gases de efecto invernadero, 45
2.4.1	Vapor de agua, 46
2.4.2	El Metano, 47
2.4.3	Óxido Nitroso, 47
2.4.4	Los Halogenuros, 48
2.4.5	El Ozono, 48
2.4.6	Los Aerosoles, 49
2.5	Precisiones sobre el cambio climático, 51
2.6	Causas del Cambio Climático, 53
2.7	Impactos ocasionados por el Cambio Climático, 57
2.8	Adaptación y mitigación, 64
2.9	Inventario de Emisiones, 68

- 2.9.1 Inventario por Gas, Fuente, Sumideros, y tendencias, **71**
- 2.10 Emisiones por categoría, fuente y sumideros, **74**
- 2.11 El cambio climático y los ecosistemas, **80**
 - 2.11.1 La respuesta internacional frente a la pérdida de los ecosistemas, **81**
 - 2.11.2 Cobertura y tenencia de los ecosistemas forestales en México, **81**
 - 2.11.3 Tendencias y causas de la dinámica de deforestación y degradación forestal, **82**
 - 2.11.4 Potencial de mitigación: emisiones de GEI evitadas y captura de carbono, **83**
 - 2.11.5 Acciones de preparación para bosques y cambio climático, **84**
- 2.12 Modelo frente al cambio climático en México, **85**
- 2.13 Vulnerabilidad en México, **86**
- 2.14 Compromiso de abatimiento, **88**
 - 2.14.1 Convención Marco de las Naciones Unidas y Acuerdos de Cancún, **89**
- 2.15 Acciones de mitigación en México, **90**
 - 2.15.1 Línea base de emisiones, escenario de referencia, **90**
 - 2.15.2 Potencial de abatimiento, **92**
 - 2.15.3 Compromisos de mitigación de México, **94**
 - 2.15.4 Potencial de aprovechamiento de los residuos en México, **95**

Capítulo 3 El Sector Energético Mundial, Energías No Renovables, 96

- 3.1 La Energía, **96**
- 3.2 Unidades de medida de la energía, **98**
- 3.3 El origen de los hidrocarburos, **99**
- 3.4 Etapas en la formación de los hidrocarburos, **100**
- 3.5 Características y propiedades de los hidrocarburos, composición y familias de los hidrocarburos, **101**
- 3.6 Cuencas sedimentarias en el mundo, **102**
- 3.7 El Petróleo, **107**
 - 3.7.1 Clasificación de los diferentes tipos de petróleos crudos, **108**
 - 3.7.2 Productos principales derivados del petróleo crudo, **109**
 - 3.7.3 El proceso de exploración del petróleo, **112**
 - 3.7.4 Ganancia debido al procesamiento del petróleo, **114**
 - 3.7.5 Reservas de petróleo, **115**
 - 3.7.6 Reservas probadas de petróleo por zonas geográficas, **116**
 - 3.7.7 Producción de petróleo (millones de barriles diarios), **123**
 - 3.7.8 Consumo de Petróleo, **129**
 - 3.7.9 Comercio internacional de petróleo, **136**
 - 3.7.10 Importancia del petróleo, **141**
 - 3.7.11 Hitos en la historia del petróleo, **141**
 - 3.7.12 La industria del petróleo en México, **143**
- 3.8 El Gas Natural, **145**
 - 3.8.1 Reservas de gas natural, **146**
 - 3.8.2 Producción de gas natural, **152**
 - 3.8.3 Consumo de gas natural (billones de pies cúbicos por día), **157**
 - 3.8.4 Comercio de gas natural (billones de metros cúbicos), **163**
- 3.9 El Carbón, **166**
 - 3.9.1 Reservas probadas de carbón, **167**
 - 3.9.2 Producción de carbón (en millones de toneladas), **172**
 - 3.9.3 Consumo de carbón (en millones de toneladas de petróleo crudo equivalentes), **176**
- 3.10 La energía nuclear, **182**
 - 3.10.1 Fisión Nuclear, **182**
 - 3.10.2 Fusión Nuclear, **183**
 - 3.10.3 Consumo de energía nuclear en el mundo, **185**

Capítulo 4 Energías Renovables, 190

- 4.1 Energía solar, **190**
 - 4.1.1 Radiación solar, **191**
- 4.2 Consumo de energía solar, **196**
- 4.3 Energía solar, capacidad fotovoltaica instalada, **200**
- 4.4 La Biomasa, **204**
 - 4.4.1 Características de la biomasa, **206**
 - 4.4.2 Cultivos energéticos, **206**
 - 4.4.3 Procesos de conversión de la biomasa, **207**
 - 4.4.4 Potencial de producción de la biomasa, **219**
- 4.5 La Energía geotérmica, **221**
 - 4.5.1 Capacidad instalada de energía geotérmica, **227**
 - 4.5.2 Consumo de energía geotérmica, biomasa y otras, **231**
- 4.6 La Energía Hidráulica, **234**
 - 4.6.1 Consumo de energía hidroeléctrica, **236**
- 4.7 La Energía Eólica, **242**
 - 4.7.1 Consumo de energía eólica, **244**
 - 4.7.2 Capacidad instalada acumulada de turbinas de energía eólica, **248**
 - 4.7.3 Generación de electricidad, **253**
- 4.8 Impactos ambientales de las energías renovables, **258**

Capítulo 5 Sustentabilidad, 260

- 5.1 Enfoque con base en los ecosistemas, **260**
- 5.2 Utilidad de los ecosistemas, **262**
- 5.3 Importancia de la biodiversidad en el planeta, **264**
- 5.4 Consecuencias de la sobre-explotación y daño a los ecosistemas, **265**
 - 5.4.1 Principales presiones inducidas por los humanos en los ecosistemas, **274**
- 5.5 Inventario de los ecosistemas, **274**
- 5.6 Huella ecológica, **287**
- 5.7 Antecedentes del desarrollo sustentable, **295**
- 5.8 El desarrollo sustentable como fundamento para un desarrollo con equidad, **302**
 - 5.8.1 Tres ejes analíticos del desarrollo sustentable, **303**
- 5.9 Eco-eficiencia, **308**
 - 5.9.1 Conferencia de Estocolmo, **309**
 - 5.9.2 El informe *Brundtland*, **310**
 - 5.9.3 La cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, **313**
 - 5.9.4 La cumbre de Johannesburgo, **316**
- 5.10 Precisiones sobre desarrollo sustentable y sustentabilidad, **318**
- 5.11 Aplicaciones del desarrollo sustentable, **319**
- 5.12 Capacidad de carga del planeta, **320**
- 5.13 Evaluación del impacto ambiental, **330**
 - 5.13.1 Indicadores de sustentabilidad, **331**
 - 5.13.2 Modelo de Presión-Estado-Respuesta, **336**
 - 5.13.3 Normas ambientales, **337**
- 5.14 La Curva Ambiental de Kuznetz, **341**
 - 5.14.1 Crítica al modelo de la curva ambiental de Kuznetz, **342**

Capítulo 6 Resultados de la Investigación, 349

- 6.1 Entrevista a especialistas, **349**
 - 6.1.1 Entrevista a la Dra. Gloria Soto Montes de Oca, **349**
 - 6.1.2 Entrevista al M. en C. Domingo Silva Ramírez, **352**
 - 6.1.3 Entrevista a especialistas del INECC, **361**
 - 6.1.4 Matriz de resultados de las entrevistas, **364**

- 6.1.4a Matriz de resultados de las entrevistas, **365**
- 6.2 H1 Costos del cambio climático para la economía mexicana por el uso de combustibles fósiles, **367**
- 6.3 Beneficios económicos para la economía mexicana por el uso de energía renovable, **374**
- 6.4 H2 Evolución de la energía no renovable, **376**
- 6.5 H3 Evolución de las fuentes de energía renovables, **381**
- 6.6 H4 Bases para un futuro sustentable, **385**

Conclusiones Finales y Recomendaciones, 388

- A. Impactos económicos y ambientales por el uso de combustibles fósiles, **388**
- B. Perspectiva mundial de los combustibles fósiles y tensiones políticas, **391**
- C. Perspectivas de la energía renovable, **393**
- D. Papel del Estado - Políticas Públicas, **396**
 - D.1 Derechos medioambientales, **402**
 - D.2 Estrategia impositiva, **403**
 - D.3 Estrategias de adaptación frente al cambio climático, **404**
 - D.4 Eficiencia energética, **406**
 - D.5 Papel de China y Estados Unidos, **407**
 - D.6 Transición hacia la sustentabilidad, **407**
 - D.7 Líneas de investigación futuras, **414**

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1 Crecimiento Verde Incluyente, **85**

Índice de Gráficas

Capítulo 1

Gráfica 1.1 Evolución del Clima (Año 1200 a 2100), **20**

Gráfica 1.2 Emisiones de gases de efecto invernadero respecto del total mundial, 1990-2005 (en megatoneladas de CO₂), **21**

Capítulo 2

Gráfica 2.1 Promedio mundial de temperaturas en la superficie, atmósfera y en los océanos de 1850 a 2012, **37**

Gráfica 2.2 Extensión de nieve en primavera en el hemisferio norte, **39**

Gráfica 2.3 Extensión de hielo marino en el Ártico, **39**

Gráfica 2.4 Cambio en el nivel medio global del mar, **40**

Gráfica 2.5 Concentración atmosférica de CO₂ desde 1960 a 2010, **41**

Gráfica 2.6 Emisiones mundiales de GEI por actividades humanas, **54**

Gráfica 2.7 Parte proporcional que representan los diferentes GEI respecto de las emisiones totales en 2004, **55**

Gráfica 2.8 Parte proporcional que representan diferentes sectores en las emisiones totales de GEI en 2004 en términos de CO₂ equivalente, **56**

Gráfica 2.9 Emisiones de GEI por país al final de 2014, **69**

Gráfica 2.10 Participación de emisiones de GEI por sector (2010), **70**

Gráfica 2.10a Participación de emisiones de GEI por sector (1990), **70**

Gráfica 2.11 Contribución de GEI por gas (2010), **73**

Gráfica 2.12 Emisiones de GEI por tipo de combustible (2010), **78**

Gráfica 2.12a Emisiones de GEI por sectores (2010), **78**

Gráfica 2.13 Compromiso de abatimiento, MtCO₂e por año, **88**

Gráfica 2.14 Línea base de emisiones de GEI, **91**

Gráfica 2.15 Línea base de emisiones de GEI por sector, **92**

Gráfica 2.16 Participación de cada eje temático en el potencial teórico de abatimiento en México, **93**

Gráfica 2.17 Potencial de abatimiento en México (MTCO_{2e}), **93**

Capítulo 3

Gráfica 3.1 Reservas probadas de petróleo por zona geográfica al final de 2011, (porcentaje de participación), **122**

Gráfica 3.2 Producción mundial de petróleo al final de 2011, **128**

Gráfica 3.3 Consumo de petróleo por zonas geográficas al final de 2011, **135**

Gráfica 3.4 Importaciones de petróleo por país y/o región a finales de 2011 (miles de barriles diarios), **139**

Gráfica 3.5 Volumen de exportaciones de petróleo por país o región a finales de 2011 (millones de barriles diarios), **140**

Gráfica 3.6 Reservas de gas natural en años por zona geográfica al final de 2011, **151**

Gráfica 3.7 Producción de gas natural por zona geográfica al final de 2011, **156**

Gráfica 3.8 Consumo de gas natural por zona geográfica al final de 2011 (porcentaje de participación), **162**

Gráfica 3.9 Importaciones y exportaciones de gas natural al final de 2011 (millones de metros cúbicos), **165**

Gráfica 3.10 Reservas de carbón por zona geográfica al final de 2011, **171**

Gráfica 3.11 Producción de carbón por zona geográfica al final de 2011 (millones de toneladas), **175**

Gráfica 3.12 Consumo de carbón por zona geográfica al final de 2011, **181**

Gráfica 3.13 Consumo de energía nuclear al final de 2011 por zona geográfica, **189**

Capítulo 4

Gráfica 4.1 Consumo de energía solar por zona geográfica al final de 2011, **199**

Gráfica 4.2 Capacidad instalada de energía fotovoltaica, **203**

Gráfica 4.3 Energía Geotérmica (capacidad instalada en 2011, en megawatts), **230**

Gráfica 4.4 Consumo de energía geotérmica, biomasa y otras, 2001-2011, **233**

Gráfica 4.5 Consumo de energía hidroeléctrica al final de 2011, por zonas geográficas, **241**

Gráfica 4.6 Consumo de energía eólica al final de 2011, por zonas geográficas, **247**

Gráfica 4.7 Capacidad instalada de turbinas de energía eólica (2001-2011, en megawatts/hora), **252**

Gráfica 4.8 Generación de electricidad por zonas geográficas al final de 2011 (en terawatts/hora), **257**

Capítulo 5

Gráfica 5.1 Crecimiento poblacional a través de la historia (millones de habitantes), **289**

Gráfica 5.2 Curva Ambiental de Kuznetz, **343**

Capítulo 6

Gráfica 6.1 Evolución del PIB neto ecológico a precios de mercado, en miles de millones de pesos (2003-2014), **369**

Gráfica 6.2 Gasto en protección ambiental 2003-2014 (en millones de pesos), **369**

Gráfica 6.3 Costo por agotamiento 2003-2014 (en millones de pesos), **370**

Gráfica 6.4 Costos por degradación ambiental 2003-2014 (en millones de pesos), **370**

Gráfica 6.5 Costos de mitigación / PIB a precios de mercado en millones de pesos (2003-2015), **373**

Gráfica 6.6 Reservas de petróleo, gas natural y carbón al final de 2011, **378**

Gráfica 6.7 Fluctuaciones en los precios del petróleo de 2006 al 2016, **378**

Índice de Tablas

Capítulo 1

Tabla 1.1 Consumo de Energía por Sector en México 2011-2013 (en petajoules), **28**

Capítulo 2

- Tabla 2.1 El Índice GWP, **50**
 Tabla 2.2 Cambio anual medio de la temperatura, ejemplos ilustrativos, **58**
 Tabla 2.3 Ejemplos de algunos impactos regionales proyectados, **59**
 Tabla 2.3a Ejemplos de algunos impactos regionales proyectados, **60**
 Tabla 2.4 Ejemplos de posibles impactos del cambio climático, **61**
 Tabla 2.4a Ejemplos de posibles impactos del cambio climático, **62**
 Tabla 2.4b Ejemplos de posibles impactos del cambio climático, **63**
 Tabla 2.5 Ejemplos de adaptación planificada por sectores, **66**
 Tabla 2.5a Ejemplos de adaptación planificada por sectores, **67**
 Tabla 2.6 Emisiones por sector (Gg de CO₂ eq.), **79**

Capítulo 3

- Tabla 3.1 Unidades de medida de la energía, **98**
 Tabla 3.2 Equivalencia en unidades Btu por tipo de fuente, **98**
 Tabla 3.3 Clasificación del petróleo crudo por sus características químicas, **108**
 Tabla 3.4 Reservas probadas de petróleo (en miles de millones de barriles), **119**
 Tabla 3.5 Producción de petróleo (en millones de barriles diarios), **125**
 Tabla 3.6 Consumo de petróleo (en millones de barriles diarios), **131**
 Tabla 3.7 Petróleo (Importaciones - Exportaciones - Millones de barriles diarios), **138**
 Tabla 3.8 Descubrimientos de los hidrocarburos por país y año, **141**
 Tabla 3.9 Gas natural (Reservas en trillones de metros cúbicos), **148**
 Tabla 3.10 Producción de gas natural (en billones de pies cúbicos por día), **153**
 Tabla 3.11 Consumo de gas natural (en billones de pies cúbicos por día), **158**
 Tabla 3.12 Comercio de gas natural 2010 y 2011 (billones de metros cúbicos), **164**
 Tabla 3.13 Reservas probadas de carbón al final de 2011 (en millones de toneladas), **169**
 Tabla 3.14 Producción de carbón (en millones de toneladas), **173**
 Tabla 3.15 Consumo de carbón (en millones de toneladas de petróleo crudo equivalentes), **177**
 Tabla 3.16 Consumo de energía nuclear, **186**

Capítulo 4

- Tabla 4.1 Características del Sol, **192**
 Tabla 4.2 Consumo de energía solar por zona geográfica (2001 a 2011), **198**
 Tabla 4.3 Capacidad fotovoltaica instalada, energía solar (2001-2011), **201**
 Tabla 4.4 Producción y consumo de etanol, 2010 y 2011 (en millones de litros), **212**
 Tabla 4.5 Producción y consumo de biodiesel 2010 y 2011 (en millones de litros), **216**
 Tabla 4.6 Energía Geotérmica, capacidad instalada, 2011 (en megawatts), **229**
 Tabla 4.7 Consumo de energía geotérmica, biomasa y otras (2001-2011), **232**
 Tabla 4.8 Consumo de energía hidroeléctrica (2001-2011), **238**
 Tabla 4.9 Consumo de energía eólica (2001-2011), **246**
 Tabla 4.10 Energía eólica (capacidad instalada), **250**
 Tabla 4.11 Generación de electricidad (en terawatts hora), **254**
 Tabla 4.12 Impactos ambientales de las energías renovables, **258**
 Tabla 4.12a Impactos ambientales de las energías renovables, **259**

Capítulo 5

- Tabla 5.1 Cambios en la superficie de las áreas boscosas entre la década de 1990 y 2000, por región, **272**
 Tabla 5.2 Desglose del objetivo 7 (objetivos del desarrollo del milenio), **335**
 Tabla 5.3 Serie de Normas ISO 14000, **339**
 Tabla 5.4 Método de técnicas de apoyo para la sustentabilidad, **340**

Capítulo 6

Tabla 6.1 Impacto de los costos ambientales en el PIB ecológico a precios de mercado, en miles de millones de pesos, (2003-2014), **368**

Tabla 6.2 Resultados totales por agotamiento y degradación ambiental de 2003 a 2015 (en millones de pesos), **371**

Tabla 6.3 Costos totales por agotamiento y degradación ambiental al final de 2015 (en millones de pesos), **372**

Tabla 6.4 Costos de mitigación de las emisiones atmosféricas respecto al PIB, 2003-2015 (en millones de pesos), **373**

Tabla 6.5 Beneficios de las energías renovables para la sociedad, en América Latina y el Caribe, al final de 2014, **374**

Tabla 6.6 Concentrado de reservas, producción y consumo de energías no renovables al final de 2011, **377**

Tabla 6.7 Concentrado de energías renovables, consumo, producción y capacidad instalada, **382**

Tabla 6.8 Concentrado de energía hidroeléctrica, eólica y generación de electricidad, al final de 2011, **384**

Conclusiones Finales y Recomendaciones

Tabla 6.9 Propuestas y omisiones sobre el desarrollo, **409**

Tabla 6.10 Propuestas y omisiones sobre el medio ambiente, **410**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN

Beneficios económicos y ambientales
de la energía en México frente al
impacto por el cambio climático y la
transición hacia un enfoque
sustentable

Tesis Doctoral

Flores Sánchez Juvenal

Doctorado en Ciencias de la Administración

xv Introducción

A medida que las principales potencias han buscado el desarrollo y crecimiento económico, el fenómeno climatológico conocido como cambio climático ha originado graves consecuencias para la humanidad y los más afectados hasta éste momento, han sido las naciones en desarrollo como México, por ejemplo. En vista de lo anterior, en los últimos años, ha surgido una gran preocupación por parte de gobiernos, instituciones y autoridades, porque los daños serán de enormes proporciones para el planeta.¹

Se estima que si continúa el ritmo de contaminación, como hasta ahora, para el año 2100 el incremento de la temperatura media del planeta habrá alcanzado los 5 grados centígrados² y esto saldría de control para las autoridades y gobiernos de todo el mundo. De ahí la importancia de tomar medidas urgentes para mitigar las consecuencias adversas, que sin duda afectarán al país, en los ámbitos, político, económico y social.

Sin embargo, las naciones se encuentran en un dilema porque tienen como objetivo prioritario erradicar la pobreza y mejorar la salud de sus respectivos países, y para ello, es necesario seguir en busca del crecimiento y desarrollo económicos, con la consiguiente protección al ambiente. Por lo tanto será indispensable crear nueva tecnología que evite el calentamiento global, así como estrategias y políticas públicas orientadas a mitigar los efectos adversos de las actividades productivas sobre el cambio climático y con ello lograr beneficios económicos.

No obstante, a pesar de que se tomen medidas inmediatas, los cambios no se notarán en el corto plazo, por lo que es imprescindible hacer un cambio urgente en la tecnología que genere energía limpia. Con ello, no sólo se busca reducir riesgos que afecten al medio ambiente, sino también rentabilidad y riqueza para México, y desde luego, para para cada nación.

De ahí que sea relevante definir el rumbo de la energía para los próximos años así como, directrices y recomendaciones que ayuden a reducir los riesgos ante éste evento climatológico

Así mismo, es importante identificar los escenarios prospectivos que marcarán el rumbo de la energía, así como los costos y los beneficios que subyacen tras la sustitución de tecnología que utiliza combustibles fósiles por una tecnología limpia. Además, será necesario conocer las consecuencias en la economía nacional debido al deterioro del ambiente producto de la utilización de combustibles fósiles.

El cambio climático impone una serie de retos en materia de política ambiental y regulación, para nuestro país, por lo que habrá que mejorar el diseño de las políticas y medidas, de tal modo que

¹ Con base en, Pachauri Rajendra, (coord), *Cambio Climático 2007, Informe de Síntesis*, Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, OMM, PNUMA, Ginebra, 2007, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf>, (18 septiembre 2010), p. 2, 3.

² Con base en, *Idem*.

resulten apropiadas y eficaces para la mitigación de éste fenómeno. Los modelos empleados en las políticas públicas, rara vez consideran cambios en el entorno climático. Sin embargo, el calentamiento global obligará a incluir consideraciones sobre sus posibles impactos en las variables económicas. Por lo que reviste especial interés, construir una serie de recomendaciones que involucren el desarrollo económico sin dañar el medio ambiente.

El sector energético del país desempeña un papel fundamental en vista de que genera el 61% de emisiones de bióxido de carbono,³ y por lo mismo, es preciso establecer los mecanismos que permitan hacer más rentable éste sector, incluyendo también la utilización de energías limpias a fin de cuidar el ambiente.

De acuerdo a la investigación realizada, en la presente tesis se hablará, en el capítulo 1, del protocolo de investigación y de cómo se estructuró tal estudio que analiza el rumbo de la energía en México y a nivel internacional.

En el capítulo 2, se analiza el fenómeno del cambio climático a nivel internacional y también en México. Se estudia también, el impacto que ha ocasionado, así como sus causas y consecuencias que representa para la economía mexicana.

En el capítulo 3 se estudia el sector energético, las energías no renovables a nivel internacional, en cuanto a la producción, reservas, y comercio, referentes a exportaciones e importaciones del petróleo, gas natural, carbón y energía nuclear.

En lo que respecta a las energías limpias, en el capítulo 4 se analiza lo relacionado con la generación de éstas y desde luego también el sector energético internacional, en cuanto a la producción y comercio, referentes a exportaciones e importaciones de la energías eólica, solar, geotérmica, biomasa y marítima.

El capítulo 5 se estudia el concepto de sustentabilidad, el cual ha cobrado una enorme importancia en los últimos años, debido a que el cambio climático está haciendo estragos en el planeta. Se habla también de buscar la equidad ecológica, económica y social tanto para las generaciones presentes como las futuras. Así mismo, se analizan las tres reglas básicas para la gestión sustentable de los recursos energéticos.

Finalmente en el capítulo 6 se presentan los resultados de la de la investigación en los cuales se muestran cuatro entrevistas a expertos en el tema de instituciones orientadas a la investigación en campos de conocimiento sobre sustentabilidad y cambio climático, así como de energías renovables y no renovables. Así mismo, se presentan las conclusiones y recomendaciones, proporcionando la respuesta a las interrogantes planteadas en la matriz de congruencia en el protocolo de investigación.

³ Con base en, Secretaría de Energía, *Estrategia de Energía 2012-2026*, México, 2012, <http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf>, (10 diciembre 2013), p. 89.

Capítulo 1 Protocolo de Investigación

1.1 Tema de Investigación:

La sustentabilidad en la administración.

1.2 Título de la Investigación:

Beneficios económicos y ambientales de la energía en México frente al impacto por el cambio climático y la transición hacia un enfoque sustentable.

1.3 Planteamiento del Problema:

En los últimos años, se ha desarrollado el fenómeno conocido como cambio climático, el cual es uno de los desafíos más complejos que presenta nuestro planeta en éste siglo. El término, cambio climático se define como: un cambio en el estado del clima identificable, tanto si es debido a cambios naturales, como si es consecuencia de la actividad humana, con base en análisis estadísticos que muestran una modificación en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que se extiende durante un período de tiempo prolongado, generalmente en decenios.⁴

⁴ Con base en, Pachauri Rajendra, (coord), *op. cit.*, p. 77.

Ningún país puede, por sí sólo, afrontar los retos que representa éste suceso de tan enorme magnitud y como se puede apreciar, en la gráfica 1.1, durante el pasado milenio, la oscilación de temperatura media de la Tierra se mantuvo dentro de un intervalo de menos de $0,7^{\circ}\text{C}$ (representado en azul); en cambio, las emisiones de gases de efecto invernadero de origen humano han provocado un aumento dramático de la temperatura del planeta durante el último siglo (representado en amarillo), en más de un 1°C .⁵

El aumento futuro proyectado durante los próximos 100 años (línea en rojo) debido al crecimiento de las emisiones, podría representar un calentamiento del planeta de más de 5°C con respecto al período previo a la revolución industrial. Éste calentamiento no se ha registrado nunca en la historia de la humanidad y los efectos físicos resultantes limitarían gravemente el desarrollo. Así que, es un hecho que la actividad humana está calentando el planeta.⁶

De acuerdo a lo anterior, queda de manifiesto que incluso los esfuerzos más ambiciosos por mitigar o disminuir los efectos del cambio climático, debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, pueden dar lugar a un calentamiento de 2°C o más (nivel según se dice es ya considerado peligroso), y la mayoría de los modelos prevén que una mitigación menos intensa daría lugar a un calentamiento de 3°C y hasta 5°C o incluso más.⁷

Cabe señalar que se denominan gases de efecto invernadero, porque retienen el calor y elevan la temperatura de la superficie de la Tierra, tal como lo hace un invernadero que calienta el aire cerca del suelo. Los gases más importantes son los siguientes:⁸

- El dióxido de carbono (CO_2),
- El metano (CH_4),
- El óxido nitroso (N_2O),
- El hexafluoruro de azufre (SF_6),
- Los hidrofluorocarburos (HFC) y,
- Los perfluorocarburos (PFC).

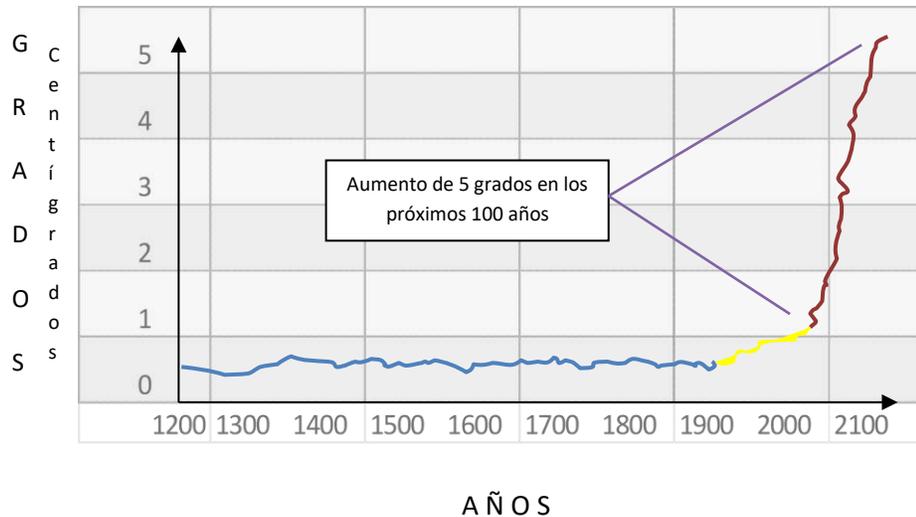
⁵ Con base en, Banco Mundial, *Informe sobre el Desarrollo Mundial 2010, Desarrollo y Cambio Climático*, Washington, 2010 <<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/EXTDATRESINSPA/EXTRESINSPA/EXTWDRINSPA/EXTIDM2010INSPA/0,contentMDK:22305585~pagePK:64168427~piPK:64168435~theSitePK:5358190,00.html>>, (18 septiembre 2010), p. 2.

⁶ Con base en, *Idem*.

⁷ Con base en, *Idem*.

⁸ Con base en, CEPAL, BID. *Cambio Climático una Perspectiva Regional*. Santiago de Chile, 2010. <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/38539/2010-109-Cambio_climatico-una_perspectiva_regional.pdf>, (25 de septiembre de 2010), p. 11.

Gráfica 1.1 Evolución del Clima (Año 1200 a 2100).



Fuente: Elaboración propia con base en, Pachauri Rajendra, (coord), *Cambio Climático 2007, Informe de Síntesis*, Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, OMM, PNUMA, Ginebra, 2007, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf>, (18 septiembre 2010), p. 2,

Actualmente, las emisiones anuales mundiales, de estos gases, se ubican entre las 40 y las 45 gigatoneladas (Gt). Tomando como base que somos alrededor de 7 mil millones de habitantes, el promedio per cápita oscilaría en más de seis toneladas de CO₂ al año.⁹ Una reducción del 50% permitiría alcanzar, entonces, emisiones en torno a las 20 Gt de gases de efecto invernadero al año, para el año 2050, e implicaría que, con una población estimada en 9,000 millones de habitantes, las emisiones deberán ubicarse entre las dos y las tres toneladas per cápita a nivel mundial, lo cual apenas sería lo mínimo indispensable que permitiría aminorar los efectos adversos en el clima.¹⁰ Así mismo, si las emisiones mundiales de CO₂ llegaran a su máximo en el año 2015, y para el 2050 disminuyeran entre 50 y 85% respecto de los niveles alcanzados en el año 2000, los aumentos de la temperatura media mundial podrían limitarse de 2 a 2.4°C, todavía por encima de los niveles preindustriales.¹¹

Por otra parte, durante los meses de verano, de 1998 al verano de 2010, el océano presentaba una concentración de clorofila, cada vez menor, el cual es un indicador de la vida vegetal oceánica (fitoplancton), la que además desempeña un papel clave en la regulación de la temperatura terrestre y del ciclo del carbono. Por lo que a medida que se calienta el planeta, se multiplican los episodios extremos, como sequías, inundaciones e incendios forestales,

⁹ Una gigatonelada es igual a 1,000 millones de toneladas (45,000,000,000 / 7,000,000,000 = 6.43 promedio per cápita).

¹⁰ Con base en, CEPAL y BID, *op. cit.*, p. 11.

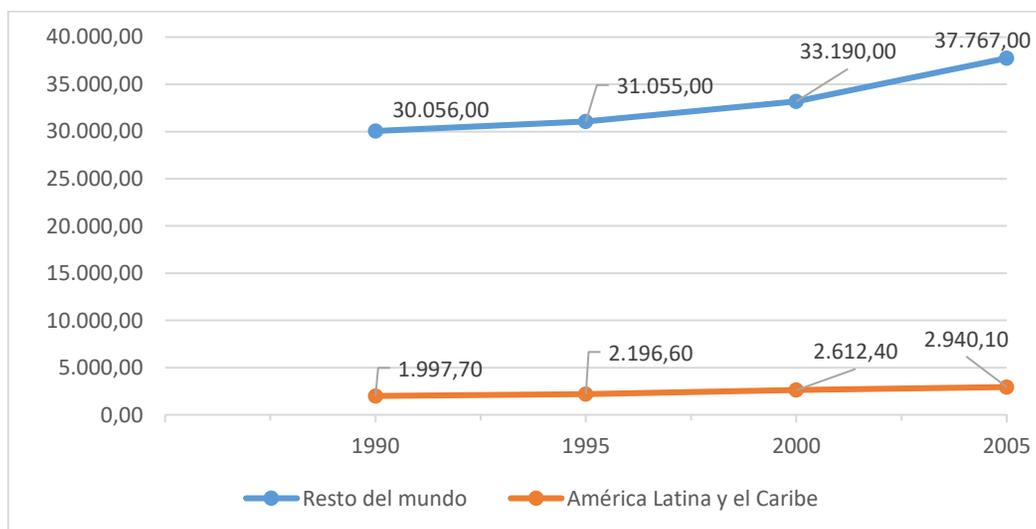
¹¹ Con base en, Naciones Unidas, Centro de Información en México, *Cambio Climático*, México, <http://cinu.org.mx/temas/Calentamiento/folleto/Temas/folleto_e.html>. (02 de octubre de 2010). [s.a.], [s.p.].

trayendo como consecuencia que millones de personas de las zonas costeras densamente pobladas y de los países insulares perderán sus hogares en cuanto se eleve el nivel del mar, además de que la población pobre de África, Asia, América Latina y el Caribe, se enfrenta con la perspectiva de pérdidas de cosechas de consecuencias trágicas, descenso de la productividad agrícola, y aumento del hambre, la malnutrición y enfermedades.¹²

Aunado a lo anterior, un calentamiento de 2⁰C por encima de las temperaturas preindustriales -probablemente lo mínimo que padecerá el planeta- podría generar en África, Asia y América Latina, una reducción permanente del producto interno bruto (PIB) de entre el 4 y el 5% en éstas regiones.¹³

Así mismo, gran parte de la población de América Latina, vive en lugares físicamente expuestos y en condiciones económicamente precarias, además, su capacidad financiera e institucional para la adaptación al cambio climático es limitada. Aunado a ello, dependen en forma más directa de recursos naturales sensibles al clima para generar sus ingresos y su bienestar; y por si fuera poco, la mayoría se ubica, como ya se comentó, en regiones tropicales y subtropicales ya sujetas a un clima sumamente variable, lo paradójico es que son quienes menos contaminan, como se puede observar en la gráfica siguiente:

Gráfica 1.2 Emisiones de gases de efecto invernadero respecto del total mundial, 1990-2005 (En megatoneladas de CO₂).



Fuente: Con base en, CEPAL, BID. *Cambio Climático una Perspectiva Regional*. Santiago de Chile, 2010.

<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/38539/2010-109-Cambio_climatico-una_perspectiva_regional.pdf>, (25 de septiembre de 2010), (25 de septiembre de 2010), p. 13.

¹² Con base en, Banco Mundial, *op. cit.*, p. 2.

¹³ Con base en, *Ibid.* p. 10.

Como se puede apreciar en la gráfica 1.2, los países en vías de desarrollo, como en éste caso, América Latina y el Caribe, no emiten tanto volumen de gases de efecto invernadero, en comparación con el resto del mundo. Sin embargo, si las emisiones continúan aumentando, ésta región sufrirá consecuencias aún más graves, de las que ya ha padecido, como tormentas, inundaciones, sequías, deslizamientos, temperaturas extremas e incendios forestales que costaron a la región aproximadamente 80,000 millones de dólares, entre 1970 y 2008. Si no se produce un cambio en América Latina y el Caribe, para reducir los efectos de los eventos extremos durante las próximas décadas, éstos podrían llegar a costarle, a ésta región, hasta 250,000 millones de dólares para el año 2100.¹⁴

Así que, para América Latina y el Caribe, y en términos generales los países en desarrollo, soportarán la mayor parte de los efectos del cambio climático, por ejemplo, las estimaciones efectuadas¹⁵ indican, que absorberán aproximadamente entre el 75 y el 80% del costo de los daños provocados por la variación del clima, por lo que una parte considerable del presupuesto para su desarrollo económico tiene que desviarse para hacer frente a las emergencias de origen atmosférico.

La velocidad y magnitud del cambio climático podría condenar a la extinción a más del 50% de las especies del planeta. Los niveles del mar podrían subir 1 metro en el presente siglo, lo que representaría una amenaza para más de 60 millones de personas, tan sólo en los países en desarrollo. La productividad agrícola disminuiría probablemente en todo el mundo, sobre todo en la región tropical del planeta, aun cuando se introdujeran cambios significativos en las prácticas agrícolas. Las proyecciones indican que más de tres millones adicionales de personas podrían fallecer cada año como consecuencia de la malnutrición.¹⁶

Por otra parte, los países desarrollados, se verán también afectados incluso por un calentamiento moderado. El 16% de la población mundial pertenece a éste bloque y podrían soportar entre el 20 y el 25% de los costos de los impactos climáticos correspondientes a su región, y por ser mucho más prósperos, están en mejores condiciones de hacer frente a esos efectos. El cambio climático provocará estragos en todos los lugares, y además aumentará la diferencia entre países desarrollados y en desarrollo.¹⁷

Éste bloque de países desarrollados, produce casi dos tercios de los gases de efecto invernadero existentes en la atmósfera e incluso un calentamiento adicional, relativamente poco significativo, supondrá grandes ajustes en el diseño y ejecución de la política de desarrollo, en las formas de vivir y ganarse la vida y en los peligros y oportunidades existentes.¹⁸

¹⁴ Con base en, Banco Mundial, *op. cit.*, p. 14.

¹⁵ Con base en, *Ibid.* p. 10.

¹⁶ Con base en, *Ibid.* p. 19.

¹⁷ Con base en, *Ibid.* p. 21.

¹⁸ Con base en, *Ibid.* p. 21.

Y las emisiones per cápita en algunos países de ingresos elevados son cuatro veces mayores que en otros del mismo bloque ya que van desde 7 toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) per cápita, en Suiza, por ejemplo, hasta 27 toneladas en Australia y Luxemburgo.¹⁹ Ha habido una fuerte relación entre mayores niveles de riqueza y prosperidad, y mayor producción de gases de efecto invernadero, pero esta relación tiene que revertirse si se desea mejorar el medio ambiente.

La reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible siguen siendo una prioridad fundamental en el plano internacional, sin embargo, una cuarta parte de la población de los países en desarrollo continúa viviendo con menos de \$1.25 dólares al día. Unos 1,000 millones de personas carecen de agua potable; 1,600 millones, de electricidad, y 3,000 millones, de servicios de saneamiento adecuados. La cuarta parte de todos los niños de países en desarrollo están malnutridos. Hacer frente a estas necesidades debe seguir siendo la prioridad tanto para los países en desarrollo como para las entidades que prestan ayuda para el desarrollo, en vista de que el progreso se volverá cada vez más arduo, y no más fácil, debido al cambio climático.²⁰

El cambio climático incidirá sobre los elementos básicos de la vida humana en distintas partes del mundo: acceso a suministro de agua, producción de alimentos, salud y ambiente. Así mismo el costo para el país sería de alrededor de 1.1% del PIB al año.²¹ Sin embargo, en el informe *Stern* (resumen de las conclusiones) se informa que si no se actúa, los costos anuales oscilarían en 5% del PIB pudiendo llegar a 20% tomando en cuenta todos los riesgos y factores implicados, pero tomando las medidas pertinentes se mantendría en 1% global anual.²²

En la medida en que se profundice y se amplíe el fenómeno del cambio climático, mayores serán los desafíos competitivos para los sectores productivos de la economía de México, debido a que representará una enorme desventaja para los productores de bienes y servicios, porque necesitarán adoptar nuevos esquemas y formas de producir, incluso con tecnología limpia. Para ello, se requerirá transformar los actuales sistemas de producción, distribución y consumo e implementar nueva tecnología que mitigue los efectos adversos al medio ambiente, con el propósito de reducir la vulnerabilidad económica y social de dicho fenómeno climatológico. Actuar con decisión y oportunidad en la materia será una excelente inversión pública, debido a que será más barato prevenir que resarcir los daños ocasionados por el impacto ambiental del cambio climático.

¹⁹ Con base en, *Ibid.* p.16.

²⁰ Con base en, *Ibid.* p.10.

²¹ Con base en, Roy Boyd, y María Eugenia Ibararán, *El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial*, Gaceta de Economía, Año 16, Número especial, Tomo 1, [s.a], <<http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-pc-03-2011.pdf>>, (18 de mayo de 2013), pp., 1, 11.

²² Con base en, Nicholas Stern, *La Economía del Cambio Climático, Resumen de las conclusiones*, Washington, [s.a.], <<http://www.ambientum.com/documentos/general/resumeninformestern.pdf>>, (10 de octubre de 2010), p. 1.

A nivel mundial, el sector energético de cada país, contribuye en promedio, con el 60% de emisiones de gases de efecto invernadero y se destaca un incremento de 5.3% de emisiones de CO₂ relacionadas con el uso y producción de energía, entre los años 2010 y 2011. En lo que respecta a México la producción de combustibles fósiles y su consiguiente uso, genera poco más del 60% del total de éstas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de las cuales más del 75% corresponde a CO₂.²³

Ésta problemática, está incidiendo en la alteración de la temperatura en México y repercutirá de la siguiente manera:²⁴

1. En lo que respecta a la agricultura de temporada, la extensión para el cultivo de maíz se vería reducida, lo cual afectaría a millones de personas que subsisten gracias a él.
2. La incidencia de casos de enfermedades como el dengue, la malaria, paludismo o enfermedades gastrointestinales se vería incrementada.
3. Las zonas costeras en México, se verían amenazadas por la elevación del nivel del mar, lo cual afectaría a la agricultura, ganadería y a los ecosistemas en general, propiciando el desplazamiento de poblaciones de manera masiva. Por lo que las zonas que requieren especial atención son: en Tamaulipas, las desembocaduras del Río Bravo; en Tabasco, las desembocaduras de los ríos Usumacinta y Grijalva; en Veracruz, las lagunas costeras. En algunos lugares, por ejemplo, el agua de mar podría desplazarse más de 40 km, a las comunidades.
4. Las industrias que requieren agua para su funcionamiento se verían perjudicadas, tan sólo, la generación de energía eléctrica competiría, por éste recurso, con el consumo humano y la agricultura, entre otros. En México, el consumo de agua está dividido de la siguiente manera:
 - El 8% en la industria
 - El 6% en uso doméstico
 - El 86% en la agricultura
5. Debido a los desplazamientos de la gente que vive en las zonas rurales las zonas urbanas, se demanda un mayor consumo de energía, lo que trae consigo un mayor reto para el sector energético de México.

²³ Con base en, Secretaría de Energía, *Estrategia de Energía 2012-2026*, México, 2012, <http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf>, (10 de diciembre de 2012), p.89.

²⁴ Con base en, Víctor O. Magaña, y Carlos Gay García, *Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambiental, social y económicos*, Instituto Nacional de Ecología, México, [s.a], <http://cambio_climatico.ine.gob.mx/descargas/vulnerabilidad.pdf>, (12 de enero de 2013), pp. 6, 7.

Con base en lo anterior, los problemas que se están presentando en México, son de diversa índole, y el proceso de renovación de la planta energética ha sido muy lento y hasta el momento no se tienen acciones claras para implementar tecnología que produzca energías limpias. Por otro lado la cultura sustentable en la administración del país, ha sido poco efectiva para reducir los efectos del cambio climático en el sector energético de México.

1.4 Justificación de la Investigación

Es de suma importancia realizar una investigación orientada a la determinación del rumbo de la energía en México, a fin de asegurar el suministro de energías limpias para sostener las actividades productivas del país. Así mismo, será importante señalar por qué no se ha empleado la tecnología limpia de manera tal que conduzca a la reversión de los daños al ambiente y que éstos, desde luego, serán todavía peores de no tomar medidas inmediatas. Por otro lado, una administración efectiva y acciones orientadas a una cultura sustentable principalmente en el sector energético de México, permitiría una reducción de los impactos desfavorables del cambio climático en los próximos años. En vista de que se está agudizando el problema, y de que no existen las estrategias que conjuguen y reduzcan el impacto del cambio climático en la economía del país, será prioritario investigar soluciones que aporten beneficios específicos que conduzcan a una protección sobre este fenómeno.

También, existe poca investigación sobre éste tema, como bien lo señala la Secretaria Ejecutiva de la CEPAL, Alicia Bárcena: ²⁵

“México es el primer país del mundo que, después de la presentación del Informe Stern sobre el impacto del cambio climático en la economía mundial, elabora un estudio económico sobre este fenómeno a nivel nacional: *La Economía del Cambio Climático en México*, también conocido como Informe Galindo. Estamos tomando el informe de México y lo estamos utilizando para analizar la economía del cambio climático del resto de la región para tener así una metodología comparada”.

Además, en el informe *Stern* se destaca que si bien se abordaron los impactos del cambio climático con un enfoque global, en el ámbito interno, las naciones deben contar con conocimiento detallado del problema que les permita unirse para articular una respuesta global efectiva, además en éste mismo informe se advierte que la inacción ante el cambio climático podría costar a la economía mundial hasta el 20% del PIB, y que tomar medidas urgentes para contrarrestar el problema supondría un costo del 1% del PIB. ²⁶

²⁵ Con base en, Alicia Bárcena, CEPAL, [s.p.], citado por Staff Bionero, *Informe Galindo, La Economía del cambio climático en México es guía para AL*, México, [s.a.], < <http://www.bionero.org/cambio-climatico/informe-galindo-sobre-la-economia-del-cambio-climatico-en-mexico>>, (22 de abril de 2012), [s.p.].

²⁶ Con base en, Nicholas Stern, *op. cit.*, p.14.

De ésta manera, existe una imperiosa necesidad de renovar y desarrollar tecnología sustentable para mitigar los riesgos frente al cambio climático en el sector energético de México, contribuyendo al crecimiento y desarrollo del país.

A continuación se describirá cómo está conformado el sector energético de México y algunas de sus cifras:

1.4.1 El Sector Energético de México

Éste sector es una importante plataforma de desarrollo y crecimiento económico de México, por ejemplo, tan sólo en el año 2010, se estima que el sector contribuyó con cerca del 9.6% del Producto Interno Bruto.²⁷

El sector energético en México está compuesto por los siguientes organismos:²⁸

En el sector central se encuentra conformado por:

1. Secretaría de Energía
2. Comisión Reguladora de Energía
3. Comisión Nacional de Hidrocarburos
4. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
5. Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas

En el sector paraestatal se encuentra conformado por:

1. Comisión Federal de Electricidad
2. Instituto de Investigaciones Eléctricas
3. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
4. Petróleos Mexicanos
5. PMI Comercio Internacional, S.A. de C.V.
6. Instituto Mexicano del Petróleo
7. Compañía Mexicana de Exploraciones, S.A. de C.V.
8. Instalaciones Inmobiliarias para Industrias, S.A. de C.V.
9. PEMEX Exploración y Producción
10. PEMEX Refinación
11. PEMEX Gas y Petroquímica Básica
12. PEMEX Petroquímica

²⁷ Con base en, Sergio M. Alcocer, *Sector Energético en México*, Secretaría de Energía, México, 2011, <<http://cnec.org.mx/wp-content/themes/imdt/ponencias/2011/Archivo%2011.pdf>> (11 de noviembre de 2012), p.2.

²⁸ Con base en, Secretaría de Energía, *Estructura del Sector*, México, 2015, <<http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2627>>, (10 de Febrero de 2015), [s.p.].

La producción de energía radica en los siguientes rubros²⁹:

- a) Hidrocarburos
 - 1. Petróleo crudo
 - 2. Gas natural
 - 3. Gas licuado
 - 4. Petrolíferos
 - 5. Petroquímicos

- b) Electricidad
- c) Carbón
- d) Fuentes renovables de energía
- e) Sistema Eléctrico Nacional
- f) Hidroenergía
- g) Geoenergía
- h) Energía eólica
- i) Biomasa
- j) Bagaso de caña
- k) Leña
- l) Fuentes alternas de energía
- m) Termoeléctricas
- n) Energía Nuclear

El sector energético de México emitió en el año 2007, 711.6 millones de toneladas de CO₂ con esto se ubica en el lugar número 12 a nivel mundial de los países que más contaminan con combustibles fósiles, de estos la zona metropolitana del valle de México aporta el 7.2% de las emisiones nacionales de (GEI), con alrededor de 51.5 millones de toneladas de CO₂.³⁰

²⁹ Con base en, Secretaría de Energía, SIE, *Estadísticas Energéticas Nacionales*, México, 2015, <<http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>>, (10 de febrero de 2015), [s.p.].

³⁰ Con base en, Saúl Rodríguez Ruíz, *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, y Carbón negro de la ZMVM*, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México, 2008, <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/2008ie_gei/2008ie_gei.pdf>, p.23.

Por otro lado, para proporcionar una idea clara acerca de la importancia de diseñar estrategias para el sector energético, es necesario destacar cómo ha evolucionado el consumo de energía por sector en México, desde el 2011 al 2013 como se ilustra en la siguiente tabla:³¹

Tabla 1.1 Consumo de Energía por Sector en México 2011-2013 (en petajoules).

Sectores	Consumo de Energía por Sector 2011-2013					
	2011	%	2012	%	2013	%
Consumo final total	5312.914	100	5100.346	100	5132.323	100
Consumo no energético total	260.51	4.90	200.046	3.92	190.912	3.74
Petroquímica de PEMEX	161.598	3.04	112.558	2.21	136.531	2.68
Otros sectores	98.912	1.86	87.489	1.72	54.382	1.07
Consumo energético total	5052.404	95.10	4900.3	96.08	4941.411	96.88
Residencial	763.389	14.37	758.02	14.86	742.742	14.56
Comercial	133.177	2.51	132.514	2.60	133.047	2.61
Público	29.12	0.55	30.197	0.59	33.427	0.66
Transporte	2290.738	43.12	2298.822	45.07	2262.283	44.36
Autotransporte	2107.15	39.66	2114.681	41.46	2075.665	40.70
Aéreo	115.229	2.17	121.187	2.38	127.186	2.49
Marítimo	35.727	0.67	32.667	0.64	28.756	0.56
Ferroviario	28.748	0.54	26.379	0.52	26.61	0.52
Eléctrico	3.885	0.07	3.909	0.08	4.066	0.08
Agropecuario	155.753	2.93	158.447	3.11	157.599	3.09

³¹ Con base en, Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética, *Balance Nacional de Energía: Consumo final de energía por sector*, México, 2015, <<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C03>>, (10 de febrero de 2015), [s.p.], y Este país, *El sector energético en México, Cinco temas clave*, México, 2008, <http://estepais.com/inicio/historicos/205/18_indicadores_el%20sector%20energ.pdf>, (21 de abril de 2012), p. 3.

Industrial	1680.227	31.63	1522.3	29.85	1612.313	31.61
Siderurgia	204.036	3.84	208.136	4.08	208.078	4.08
Química	90.057	1.70	90.426	1.77	93.726	1.84
Azúcar	45.703	0.86	43.573	0.85	65.426	1.28
Petroquímica de PEMEX	100.4	1.89	106.89	2.10	116.428	2.28
Cemento	120.993	2.28	139.553	2.74	136.234	2.67
Minería	55.378	1.04	60.814	1.19	61.482	1.21
Celulosa y papel	42.722	0.80	45.612	0.89	49.818	0.98
Vidrio	55.447	1.04	56.492	1.11	55.366	1.09
Cerveza y malta	14.613	0.28	16.164	0.32	21.973	0.43
Fertilizantes	3.367	0.06	1.112	0.02	1.154	0.02
Automotriz	12.362	0.23	13.082	0.26	13.98	0.27
Aguas envasadas	9.841	0.19	9.972	0.20	9.531	0.19
Construcción	11.615	0.22	13.202	0.26	12.72	0.25
Hule	9.19	0.17	9.806	0.19	9.594	0.19
Aluminio	N/D		N/D		N/D	
Tabaco	0.515	0.01	0.556	0.01	0.524	0.01
Otras ramas	903.989	17.01	706.919	13.86	756.327	14.83

Fuente: Con base en, Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética, *Balance Nacional de Energía:*

Consumo final de energía por sector, México, 2015,

<<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveuca=IE7C03>>, (10 de febrero de 2015), [s.p.],

A continuación, en la página siguiente, se presenta la matriz de congruencia en la cual se habrá de proporcionar respuesta a las interrogantes y objetivos y, confirmación o rechazo a las hipótesis planteadas a lo largo de la presente investigación:

1.5 Matriz de congruencia de la investigación

Preguntas de Investigación	Objetivos de Investigación	Hipótesis de Investigación
<p>1. ¿Cuáles han sido los beneficios económicos y ambientales por el uso de la energía en México frente al impacto por el cambio climático?</p>	<p>1. Analizar cuáles han sido los beneficios económicos y ambientales por el uso de la energía en México frente al impacto por el cambio climático.</p>	<p>1. Los beneficios económicos y ambientales han sido pocos debido a que los costos que se han generado han sido cada vez mayores para resarcir los daños ocasionados por el cambio climático y las inversiones para prevenir los impactos han sido escasas, aunado a una continua pérdida de la biodiversidad.</p>
<p>2. ¿Por qué se han presentado crisis económicas debido al uso de combustibles fósiles?</p>	<p>2. Examinar por qué se han presentado crisis económicas debido al uso de combustibles fósiles.</p>	<p>2. El agotamiento de las reservas de combustibles fósiles en México y en algunos sectores económicos del mundo ha derivado en crisis económicas y tensiones políticas, las cuales han repercutido en fluctuaciones muy marcadas en los precios de los combustibles.</p>
<p>3. ¿Por qué no se ha originado la renovación de la planta energética en México hacia fuentes de energías limpias?</p>	<p>3. Estudiar por qué no se ha originado la renovación de la planta energética en México hacia fuentes de energías limpias.</p>	<p>3. La renovación de la planta energética para la producción de energías renovables ha sido lenta debido a la falta de interés de los sectores económico, político y social, y debido a las enormes inversiones realizadas en tecnología que utiliza combustibles fósiles.</p>

<p>4. ¿Cuál es la principal razón de la sobreexplotación de los recursos naturales del país y que ha impedido la transición hacia un enfoque sustentable que mitigue los efectos adversos ocasionados por el cambio climático?</p>	<p>4. Identificar la principal razón de la sobreexplotación de los recursos naturales del país y que ha impedido la transición hacia un enfoque sustentable que mitigue los efectos adversos ocasionados por el cambio climático.</p>	<p>4. La falta de acciones claras, por parte del gobierno y organizaciones, en materia de sustentabilidad, ha derivado en la sobre-explotación de los recursos naturales del país y ha impedido la transición hacia un enfoque sustentable que mitigue los efectos adversos ocasionados por el cambio climático.</p>
--	---	--

1.6 Tipo de estudio

1.6.1 Observacional

Se pretende estudiar el impacto que ha tenido el cambio climático en los ecosistemas y en la biodiversidad, así como en los costos para la economía de México, por el uso de combustibles fósiles. También se analizará cómo el uso de la tecnología para la generación de energías renovables puede aminorar los efectos de éste fenómeno climatológico. Así mismo, se hace un estudio del enfoque de sustentabilidad para fijar las bases para una transformación que lleve a mejorar el medio ambiente y a reducir los costos por el impacto del cambio climático.

1.6.2 Longitudinal

En ésta dimensión se hará primero una recolección de información a través del tiempo y posteriormente se reunirán datos para analizar las tendencias, cambios o desarrollo que ha tenido el uso de energías fósiles y el uso de energías limpias. En éste tipo de estudio se analizará la evolución del sector energético de México desde los años de 2001 a 2012. Así como, algunas de las acciones en materia energética, de cambio climático y de sustentabilidad.

1.6.3 Descriptivo

Se buscará especificar con este tipo de estudio, las propiedades importantes de los factores tecnológicos que perjudican el ambiente, así como, la tecnología limpia disponible para mitigar los daños a los ecosistemas. Por otro lado, se busca analizar los escenarios prospectivos de la energía en México y también a nivel internacional, para calcular los costos por el uso de la energía.

Se detallará el fenómeno del cambio climático, básicamente a través de la medición del impacto adverso que genera en los recursos naturales y también se investigarán las políticas públicas en materia sustentabilidad.

También se investigará los peligros de la falta de una cultura de sustentabilidad y también se buscarán que tipo de mecanismos alientan la utilización de tecnología que mitigue el calentamiento global.

1.7 Metodología

Se aplicará tanto el método deductivo como inductivo. El primero porque se parte de hechos y datos generales para obtener conclusiones lógicas como en el caso del análisis del sector energético mundial con todas sus variantes ya sea exportaciones e importaciones, consumo, producción, reservas, entre otros. El segundo, porque se partirá de casos particulares para llegar a conclusiones generales, como en el caso de los impactos que ha generado el uso de combustibles fósiles en el medio ambiente, así como también, el diseño y la influencia que ha tenido la política en materia de sustentabilidad y cambio climático. Ambos métodos se aplicarán sobre el impacto ambiental; el sector energético por zonas geográficas y desde luego México; y también sobre la sustentabilidad.

Con la obtención de información se analizará el rumbo que sigue el uso de combustibles fósiles, el aprovechamiento de las tecnologías limpias y el enfoque basado en la sustentabilidad, y con ello determinar el resultado de las hipótesis.

Capítulo 2 Cambio Climático Global

2.1 Definición y evidencia del cambio climático

Todas las evidencias señalan que el cambio climático debe ser considerado como un asunto urgente; el calentamiento del planeta, la frecuencia de los fenómenos meteorológicos violentos, la desertificación, la escasez de agua potable, la salinización de acuíferos o la inseguridad alimentaria, son tan sólo algunos de los ejemplos más notables vinculados con el cambio climático que afectan al planeta y a la humanidad. Tal fenómeno climatológico, que se ha venido acelerando durante las últimas décadas, pone en riesgo la subsistencia del ser humano y su consiguiente modo de vida actual tal y como ahora se le conoce.¹

Ha sido patente que no todos los países tienen la misma capacidad para hacer frente al cambio climático y los países más pobres son los más vulnerables. De hecho, se calcula que los migrantes por cuestiones ambientales podrían ascender a 200 millones de personas para el año 2050 e incluso para algunas sociedades podría provocar un aumento en los niveles de conflicto, inseguridad y de exclusión social.²

Todos estos acontecimientos son un reflejo de la crisis climatológica mundial. El calentamiento global está intensificando el ciclo hidrológico, lo que origina que se provoquen tormentas en el mar más intensas y huracanes más violentos.³

El término cambio climático, denota un cambio en el estado del clima -que puede ser identificable y medible con base en análisis estadísticos- como resultado de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un periodo prolongado, generalmente en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio en el clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana.⁴

¹ Con base en, Mercedes Pardo y Maribel Rodríguez, *et. al.*, *Cambio Climático y Lucha contra la Pobreza*, Madrid, Fundación Carolina 2010 y Siglo XXI de España editores, 2010, p. viii.

² Con base en, *Ibid.* p. xi.

³ Con base en, Mark Lynas, *Seis Grados, El Futuro en un Planeta más Cálido*, Barcelona, Libbooks, 2014, pp. 7, 8.

⁴ Con base en, Rajendra K. Pachauri, *et. al.*, *Cambio Climático 2007, Informe de Síntesis*, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, PNUMA, OMM, Ginebra, 2007, < https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf>, (30 de septiembre de 2015), p. 30.

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como bien se puede precisar del aumento observado del promedio mundial de temperatura del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos, y del aumento del promedio mundial del nivel del mar.

Los registros instrumentales de la temperatura mundial en la superficie, desde 1850 indican que en los últimos doce años (1995-2006), once resaltan entre los más cálidos de los registros desde 1850. Ahora bien, entre 1956 y 2005, el calentamiento lineal como promedio de 0,13 °C, por decenio, ha sido casi el doble del experimentado en los cien años transcurridos desde 1906 hasta 2005. Éste aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta, y es mayor en latitudes septentrionales altas.⁵

En la región del Ártico, el promedio de las temperaturas ha aumentado a un ritmo que duplica casi el promedio mundial de los últimos cien años. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos. Las observaciones efectuadas desde el año de 1961, indican que en promedio, la temperatura del océano mundial ha aumentado hasta en profundidades de 3,000 m como mínimo, habiendo absorbido los océanos más del 80% del calor incorporado al sistema climático.⁶

Los aumentos del nivel del mar evidencian un calentamiento cada vez más mayor con el paso del tiempo. El nivel del mar aumentó, en promedio, a una tasa de 1,8 mm anuales entre 1961 y 2003, y de 3,1 mm anuales entre 1993 y 2003. Cabe precisar que no se sabe con certeza si la mayor rapidez de éste último tramo refleja una variación decenal o un aumento de la tendencia a más largo plazo.⁷

La disminución observada de la extensión de nieves y hielos concuerda también con el calentamiento. Los datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que, en promedio anual, la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en 2,7% por decenio, y en mayor medida en los veranos, en que se incrementó a 7,4 % por decenio.⁸

En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios. Desde 1900, la extensión máxima de suelo estacionalmente congelado se ha reducido en torno a un 7% en el Hemisferio Norte, con disminuciones de hasta un 15% durante la primavera. En términos generales, las temperaturas de la capa superior de permafrost⁹ han aumentado en la región ártica, desde los años ochenta, en hasta 3°C.¹⁰

⁵ Con base en, *Idem.*

⁶ Con base en, *Idem.*

⁷ Con base en, *Idem.*

⁸ Con base en, *Idem.*

⁹ Es la capa de hielo que se encuentra debajo de la superficie en las zonas de tundra, situadas en el hemisferio norte, sobretudo en la región de Siberia, en Rusia, con base en, Teo Gómez y Pere Romanillos, *El Cambio Climático, Pasado, presente y futuro de un mundo nuevo*, Barcelona, Océano, 2012, p. 27.

¹⁰ Con base en, Rajendra K. Pachauri, *et. al., op. cit.*, p. 30.

Se han observado las tendencias de la precipitación entre 1900 y 2005 en gran número de extensas regiones. En ese período, la precipitación aumentó considerablemente en algunas partes orientales de América del Norte y del Sur, en el norte de Europa y en el Asia septentrional y central, mientras que disminuyó en el Sahel,¹¹ en el Mediterráneo, en el sur de África y en partes del sur del Asia.¹²

En cuanto a los fenómenos meteorológicos extremos, éstos han cambiado de frecuencia y/o intensidad en los últimos cincuenta años. Es muy probable que los días fríos, las noches frías y las escarchas sean ahora menos frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres, mientras que los días y noches cálidos serían ahora más frecuentes. Las olas de calor ahora serán más frecuentes en la mayoría de las áreas terrestres. Y también es probable que la frecuencia de las precipitaciones intensas (o la proporción de precipitaciones intensas respecto de la precipitación total) haya aumentado en la mayoría de las áreas. La incidencia de elevaciones extremas del nivel del mar habrá aumentado en numerosos lugares del mundo desde 1975.¹³

2.2 Manifestaciones presentadas en el clima

Las investigaciones recientes demuestran, con un 95% de seguridad, que la actividad humana es la causa principal del calentamiento global registrado desde la década de 1950. Se confirma por lo tanto que las altas temperaturas registradas en las pasadas décadas no tienen precedente alguno en la historia de la humanidad. Los océanos se han calentado lo mismo que la atmósfera, el deshielo en las cumbres de las montañas y en los polos del planeta han sido cada vez más notorios y el volumen de gases de efecto invernadero se han hecho más latentes como nunca antes. En los últimos 30 años el aumento de las temperaturas que se ha registrado, ha sido más notorio y todo indica que ésta tendencia continuará.¹⁴

Desde el año de 1900, cada década subsiguiente, presenta alzas en la temperatura que las precedentes. Entre los años de 1995 y 2010, se registraron los 12 años más cálidos desde el año de 1850, año en que empezaron a registrarse las mediciones con regularidad.¹⁵

En los 12 años previos a 2007, se vivieron 11 de los años más cálidos de la historia, y el año 2010 volvió a establecer un nuevo record. El verano de 2010, fue especialmente cálido en el

¹¹ El Sahel es una área inmensa que se extiende de este a oeste a través del norte de África, desde Senegal en la Costa Atlántica hasta Somalia en el océano Índico. Formado principalmente por sabana y matorrales espinosos, es una zona de transición climática entre el Sáhara hiperárido, al norte, y las exuberantes selvas tropicales que crecen cerca del ecuador, al sur., con base en, Mark Lynas, *op. cit.*, p. 30.

¹² Con base en, Rajendra K. Pachauri, *et. al.*, *op. cit.*, p. 30.

¹³ Con base en, *Idem*.

¹⁴ Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes*, New York, OMM y PNUMA, 2013 <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 4.

¹⁵ Con base en, Teo Gómez y Pere Romanillos, *op. cit.*, p. 15.

centro de Europa y especialmente en Rusia, donde hubo incrementos históricos sin precedentes, esto hizo que el año de 2010 fuera el más cálido de la historia junto con el año 2005.¹⁶

El cambio climático global es una realidad y requiere de acciones inmediatas y urgentes debido a sus manifestaciones, (citadas arriba) y las causas ampliamente conocidas, entre las que destacan, la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. También reviste especial interés el riesgo de que la temperatura aumente a más de dos grados centígrados en éste siglo. A continuación se presentan las manifestaciones acontecidas en el clima:

2.2.1 En la Atmósfera

En la superficie de la atmósfera, el aumento de la temperatura en los últimos 30 años, ha sido evidente y los incrementos presentados han superado a los decenios anteriores. Tan sólo en el hemisferio norte, entre los años de 1983 y 2012, ha sido el periodo de más de 30 años más cálido en los últimos 1,400 años.¹⁷

La temperatura en la superficie terrestre y oceánica, muestra un calentamiento de 0.85 °C, en promedio (de 0.65 a 1.06 °C) entre el periodo de los años de 1880 a 2012. El registro presentado en la tropósfera ha mostrado un incremento a nivel global de la temperatura a partir de 1950.¹⁸

En cuanto al aumento en las precipitaciones, éste ha quedado manifiesto que también a partir de 1950 ha registrado un aumento en su volumen sobre todo en el hemisferio norte.¹⁹

La probabilidad de que los días y las noches con temperaturas bajas hayan disminuido, ha sido notoria y por otra parte los días y noches con aumentos de temperatura han sido más intensos a escala mundial. Regiones como Europa, Asia y Australia se han notado olas de calor más frecuentes.²⁰

En la gráfica 2.1, se puede observar el promedio mundial de las temperaturas tanto en la superficie terrestre, atmósfera y en los océanos, en la cual se nota que en 20 años de 1850 a 1870 prácticamente fue nulo el cambio en la temperatura y no fue sino hasta inicios de la década de 1870 que se registra un incremento en la temperatura y en las décadas subsiguientes se mantuvo estable. Hasta el año de 1950 se presenta un

¹⁶ Con base en, *Idem*.

¹⁷ Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 2013, *op. cit.*, p. 5.

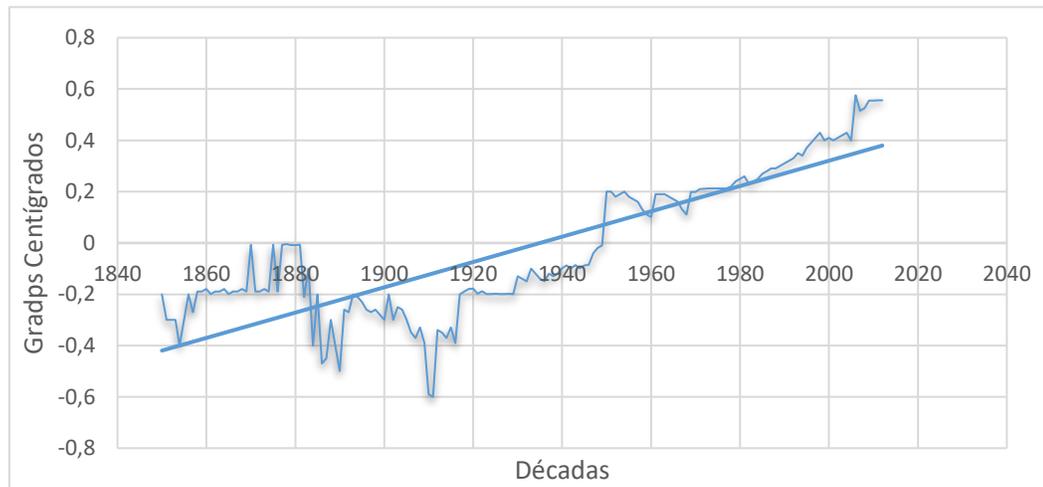
¹⁸ Con base en, *Idem*.

¹⁹ Con base en, *Idem*.

²⁰ Con base en, *Idem*.

aumento notable en la temperatura llegando por primera vez a los 0.2 grados centígrados y con tendencia hacia la alza situándose en el año 2012 en poco menos de 0.6 grados centígrados.²¹

Gráfica 2.1 Promedio mundial de temperaturas en la superficie, atmósfera y en los océanos de 1850 a 2012



Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013 <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 5.

2.2.2 En los océanos

La mayor manifestación del calentamiento global se presenta en los océanos y representa más del 90% de la energía acumulada entre los años de 1971 y 2010. La capa superior del océano que va de 0 a 700 metros de profundidad contiene más del 60% del incremento neto de energía, y en los primeros 75 metros de profundidad los océanos se han calentado en 0.11 °C en ese mismo periodo.²²

Las regiones oceánicas donde predomina la alta salinidad, las cuales son más proclives a la evaporación, se han vuelto todavía más salinas y en las regiones con baja salinidad en las que se dan muchas precipitaciones, bajaron los índices de salinidad desde la década de 1950. Lo anterior indica que, estos cambios en la

²¹ Con base en, *Idem*.

²² Con base en, *Ibid*, p. 8.

salinidad con repercusiones en la evaporación y las precipitaciones en los océanos, es evidencia del calentamiento global.²³

2.2.3 En la Criósfera

Los mantos de hielo en Groenlandia y la Antártida han estado perdiendo su volumen en las últimas décadas, así mismo los glaciares han estado disminuyendo en casi todo el mundo junto con el hielo del Ártico.²⁴

La pérdida de hielo en los glaciares, en todas las regiones del planeta, ha sido como promedio, de 226 Giga toneladas (Gt), por año, desde el año de 1971 hasta nuestros días, exceptuando a los glaciares situados alrededor de los mantos de hielo.²⁵

El promedio de disminución, en el volumen de hielo en la región de Groenlandia, ha aumentado considerablemente de 34 Gt al año, de 1992 a 2001, a 215 Gt, de 2001 a 2011.²⁶

En cuanto a la región de la Antártida, el aumento en la pérdida de hielo ha sido de 30 Gt, durante el periodo de 1992 a 2001, hasta alcanzar las 147 Gt, de 2002 a 2011.²⁷

El volumen de hielo en la región del Ártico, también registra un descenso en el periodo comprendido entre 1979 y 2012, de 3.4% a 4.1% por década, esto representa entre 0.45 y 0.51 millones de km² por década. El hielo marino permanente, ha decrecido también de un rango de 9.4% a 13% por decenio, correspondiente a un rango entre 0.73 y 1.07 millones de km², en el mismo periodo referido.²⁸

Se calcula que en el año 2005, una superficie de hielo del tamaño de Alaska, desapareció sin dejar rastro, en la región del Ártico. La capa de hielo marítimo ha estado disminuyendo incluso cuando hay oscuridad total en el invierno.²⁹

Los modelos climáticos difieren sobre dónde está exactamente el punto de inflexión de la cubierta de hielo del Ártico, es decir, en qué punto o momento se encontrará prácticamente agotado, pero lo que en sí se está de acuerdo es que llegando al umbral de calentamiento, la pérdida de hielo será irreversible.³⁰

²³ Con base en, *Idem.*

²⁴ Con base en, *Ibid.*, p. 9.

²⁵ Con base en, *Idem.*

²⁶ Con base en, *Idem.*

²⁷ Con base en, *Idem.*

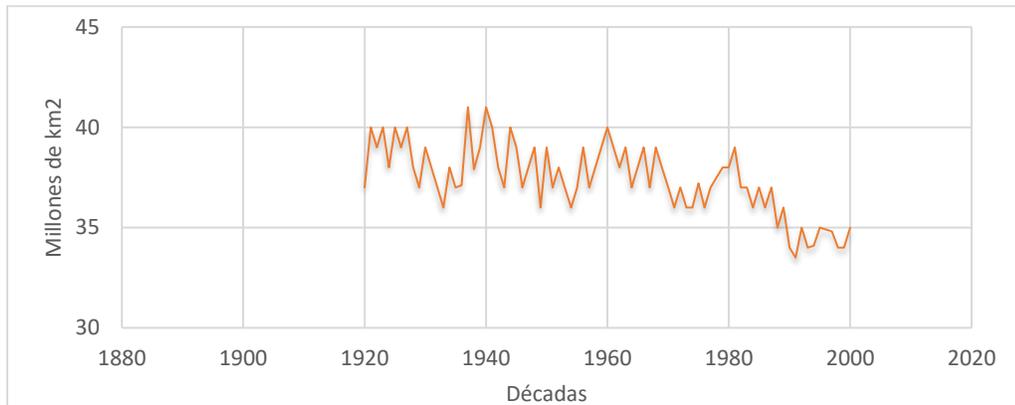
²⁸ Con base en, *Idem.*

²⁹ Con base en, Mark Lynas, *op. cit.*, p. 38.

³⁰ Con base en, *Idem.*

En la gráfica 2.2 se aprecia que la disminución más notable de nieve se presenta a partir de la década de 1980.

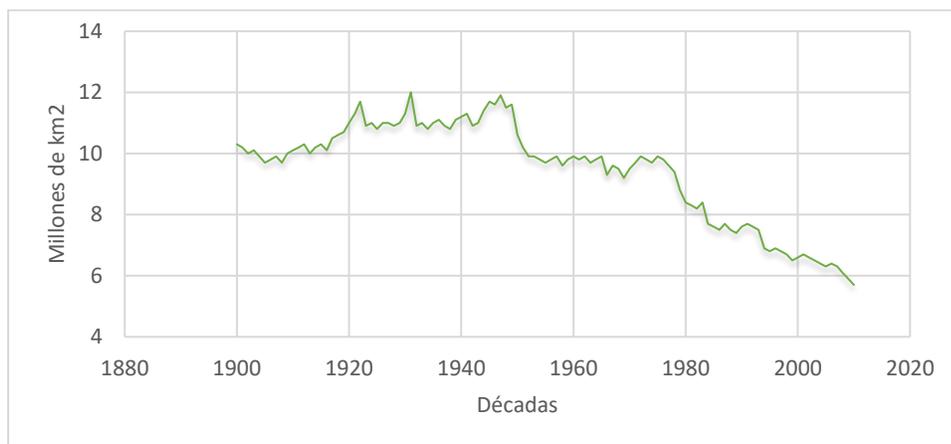
Gráfica 2.2 Extensión de nieve en primavera en el hemisferio norte



Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013 < http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 10.

La siguiente gráfica (2.3) muestra cómo ha evolucionado la pérdida de hielo marino en la región del Ártico desde el año 1900 al año 2010.

Gráfica 2.3 Extensión de hielo marino en el Ártico



Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013 < http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 10.

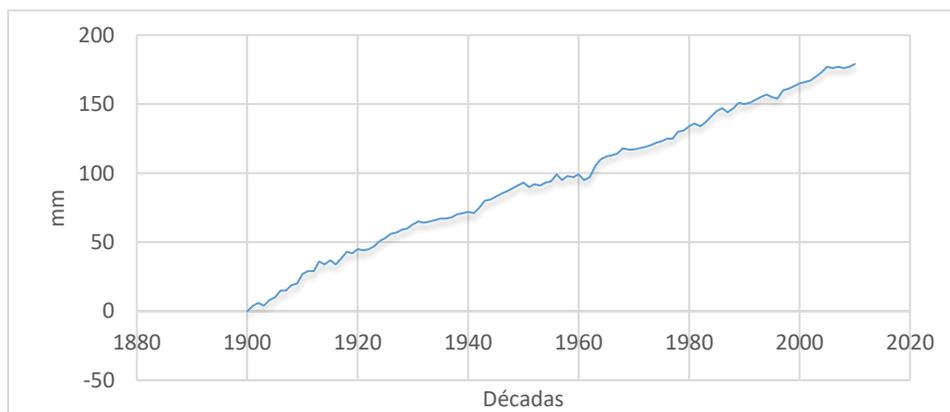
2.2.4 En el nivel del mar

Desde 1850, el aumento en el nivel de mar ha sido notablemente superior al registrado, en promedio, a los dos milenios anteriores, y entre los años de 1901 a 2010, el incremento fue de casi 20 centímetros.³¹

La combinación de la disminución del volumen de los glaciares, la expansión térmica del océano provocada por el calentamiento global, así como las disminuciones presentadas en el manto de hielo de Groenlandia y la Antártida, son responsables del 75% de la elevación del nivel medio del mar. Particularmente, entre los años de 1993 y 2010, se ha manifestado todavía más éste incremento.³²

En la gráfica 2.4 se observa el aumento en el nivel medio global del mar desde el año 1900 al año 2010. Éste aumento es de casi 20 centímetros.

Gráfica 2.4 Cambio en el nivel medio global del mar



Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013 < http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 10.

2.2.5 En el ciclo del Carbono

Las concentraciones de bióxido de carbono han incrementado su volumen en un 40% desde inicios de la era industrial hasta nuestros días. Éste incremento se debe en gran medida a las emisiones derivadas de combustibles fósiles y a los cambios en el uso

³¹ Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 2013, *op. cit.*, p. 11.

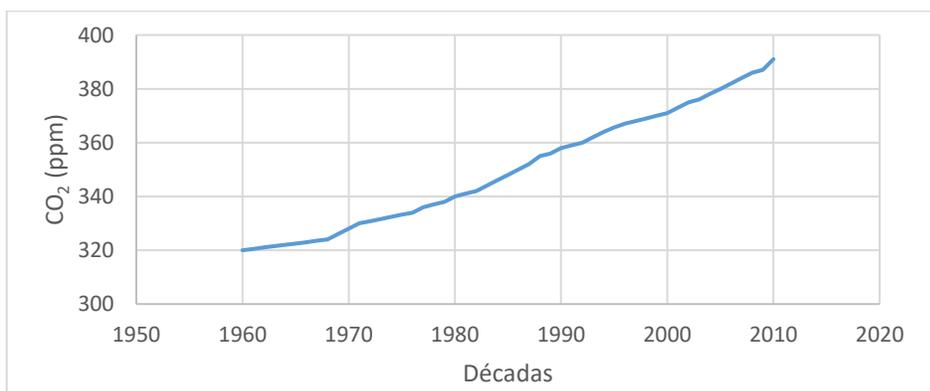
³² Con base en, *Idem*.

de suelo. Y los océanos han recibido el 30% del dióxido de carbono emitido por el hombre, provocando con ello su acidificación.³³

Las actividades humanas han provocado que los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, (CO₂), metano (CH₄), y óxido nitroso (N₂O), aumenten desde el año de 1750. Para el año de 2011, las concentraciones atmosféricas de estos gases, han sido de 391 partes por millón, ppm,³⁴ 1,803 ppmm y 324 ppmm, respectivamente. El incremento desde el año de 1750, en términos porcentuales, ha sido de 40%, 150% y 20%, también respectivamente.³⁵

De acuerdo a éste periodo de referencia, de 1750 a 2011, las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles y la producción de cemento liberaron a la atmósfera en conjunto 375 GtC (Giga toneladas de carbono), y la deforestación y cambios en el uso de suelo han liberado 180 GtC.³⁶ En la gráfica 2.5 se ve reflejado de manera sustancial, éste aumento de las emisiones, particularmente desde 1960 al año 2011, en lo referente a la quema de combustibles fósiles y producción de cemento.³⁷

Gráfica 2.5 Concentración atmosférico de CO₂ desde 1960 a 2010



Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013 < http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 11.

³³ Con base en, *Ibid*, p. 11.

³⁴ Las unidades de medida “ppm” y “ppmm” referentes a partes por millón y partes por mil millones, respectivamente, se refieren a la relación que existe entre el número de moléculas de gas y el número total de moléculas de aire seco, por ejemplo la expresión 300 ppm significa que hay 300 moléculas de un gas por cada millón de moléculas de aire seco. Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 2013, *op. cit.*, p. 11.

³⁵ Con base en, *Idem*.

³⁶ Con base en, *Idem*.

³⁷ Con base en, *Idem*.

2.3 Prospectiva del cambio climático mundial y regional

Las proyecciones indican que el calentamiento global seguirá aumentando debido a las emisiones continuas de gases de efecto invernadero, así mismo se presentarán cambios en todos los componentes el sistema climático. Para contrarrestar los efectos del cambio climático mundial, será necesario reducir en forma sustancial y sostenida tales emisiones.³⁸

La variabilidad interna en el clima, continuará ejerciendo una importante influencia, especialmente a corto plazo y a escala regional. Se espera que para el año de 1950 las magnitudes en esos cambios aumenten considerablemente. A continuación, se presentará una descripción general de estos cambios en la atmósfera, los océanos y demás elementos.³⁹

2.3.1 En la Atmósfera (temperaturas)

Para al año de 2100 se espera que la temperatura global en la superficie sea superior a 1.5 °C y probablemente hasta mayor a los 2 °C, también se espera que el clima no sea uniforme entre las regiones.⁴⁰

Se espera que la región del Ártico siga calentándose más rápidamente que en términos generales respecto a la media mundial.⁴¹

Lo más seguro es que, de acuerdo a las investigaciones recientes, se produzcan temperaturas extremas más cálidas con mayor frecuencia, además las temperaturas más frías serán menos habituales en las zonas continentales. Todo esto ocurrirá en escalas de tiempo diarias y estacionales, conforme vaya aumentando la temperatura media global. Todo indica que las olas de calor serán más duraderas y se presentarán con mayor frecuencia. Así mismo, continuarán presentándose temperaturas frías extremas en invierno, pero esto de forma ocasional.⁴²

2.3.2 En la Atmósfera (ciclo del agua)

Las variaciones que se presentarán en el ciclo global del agua debido al calentamiento mundial, presentarán contrastes agudos en las precipitaciones en las regiones húmedas

³⁸ Con base en, *Ibid*, p. 19.

³⁹ Con base en, *Idem*.

⁴⁰ Con base en, *Ibid*, p. 20.

⁴¹ Con base en, *Idem*.

⁴² Con base en, *Idem*.

y secas, y entre una estación a otra, principalmente en las estaciones de primavera y verano, con algunas excepciones.⁴³

Para finales de la década de 2090, en las latitudes altas y en la zona del pacífico ecuatorial se esperan precipitaciones intensas, y por otro lado, las precipitaciones tenderán a disminuir en las zonas secas y de latitud media, y subtropicales. Sin embargo, en regiones húmedas las precipitaciones aumentarán al igual que en las de las latitudes altas.⁴⁴

2.3.3 En la Atmósfera (Calidad del aire)

La calidad del aire está en función del volumen de las emisiones de gases de efecto invernadero y no por el calentamiento global.⁴⁵

Sin embargo, el calentamiento global debilitará la capa de ozono de la superficie y ésta a su vez permitirá que los rayos del sol ultravioleta afecten la calidad de vida de las plantas y animales y desde luego la del ser humano. Por lo que de haber una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero, la capa de ozono podrá aumentar para finales del año 2100.⁴⁶

2.3.4 En los océanos

El calor en los océanos seguirá elevándose durante todo éste siglo XXI. Tal aumento de temperatura penetrará en las profundidades afectando con ello a la circulación marina.⁴⁷

La evidencia indica que el calentamiento oceánico más pronunciado, se manifestará en las regiones tropicales y en las subtropicales del hemisferio norte. En cuanto al calentamiento en las profundidades oceánicas más intenso, se producirá en el océano Austral. Para final de la década de 2090, el calentamiento en los océanos, en los primeros 100 metros de profundidad oscilará entre un rango de 0.6 °C y 2 °C; y a unos 1,000 metros de profundidad el aumento será entre 0.3 y 0.6 °C.⁴⁸

⁴³ Con base en, *Ibid*, p. p. 20, 23.

⁴⁴ Con base en, *Ibid*, p. 23.

⁴⁵ Con base en, *Ibid*, p. 24.

⁴⁶ Con base en, *Idem*.

⁴⁷ Con base en, *Idem*.

⁴⁸ Con base en, *Idem*.

2.3.5 En la Criósfera

La cubierta de hielo del Ártico, continuará con el ritmo de disminución y de hecho continuará haciéndose más delgada. En lo que respecta al hemisferio norte, el manto de hielo seguirá disminuyendo a lo largo de todo el presente siglo y lo mismo ocurrirá con los glaciares alrededor del mundo.⁴⁹

Con base en las tendencias sobre el decremento de la extensión del hielo marino del Ártico, para el año de 2050, habrá desaparecido el volumen de hielo casi en su totalidad. Y en la región de la Antártida, se espera que disminuya notablemente la extensión del hielo marino a finales de la década de 2090.⁵⁰

El volumen de los glaciares seguirá disminuyendo entre un 15 y un 55%, exceptuando los glaciares existentes alrededor de la Antártida.⁵¹

En las latitudes muy septentrionales, la disminución del permafrost cerca de la superficie, habrá disminuido entre un 37% y un 81%. El permafrost puede tener un espesor de hasta 10 metros y su extensión es tan grande que se calcula que contiene 1,000 giga toneladas de carbono (GtC) y sólo el permafrost ruso, el yedoma, contiene 500,000 millones de toneladas.⁵²

2.3.6 En el nivel del mar

El nivel medio de los océanos seguirá incrementándose a lo largo de todo el presente siglo, incluso mayor a lo registrado entre los años de 1971 y 2010, esto como resultado del aumento de la temperatura global y como resultado del deshielo de los glaciares y capas de hielo.⁵³

Se espera que entre los años 2081 y 2100 se sitúe en un rango de 0.26 a 0.55 metros esto como resultado de la expansión térmica (ésta contribuye entre un 30% y un 55% al incremento del volumen del mar) y del deshielo de los glaciares (éstos aportan entre un 15% y un 35% al aumento del nivel del mar). Cabe señalar que el incremento en el descongelamiento de la superficie del manto de hielo de la región de Groenlandia será mayor que la precipitación en forma de nieve.⁵⁴

⁴⁹ Con base en, *Ibid*, pp. 24, 25.

⁵⁰ Con base en, *Idem*.

⁵¹ Con base en, *Idem*.

⁵² Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2013, *op. cit.*, pp. 24, 25 y Teo Gómez y Pere Romanillos, *op. cit.*, p. 27.

⁵³ Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2013, *op. cit.*, pp. 25, 26.

⁵⁴ Con base en, *Idem*.

Para finales del año 2100, el 70% de las costas en todo el mundo experimentarán un cambio en el nivel de mar, hasta un 20% más elevado con respecto a la media del nivel mundial.⁵⁵

2.3.7 El ciclo del carbono

El ciclo del carbono también se verá afectado por el cambio climático, agudizando el problema del aumento del bióxido de carbono CO₂ en la atmósfera. Los aumentos de la concentración de éste gas, que se producirán en los océanos, contribuirán en gran medida a la acidificación en éstos.⁵⁶

Si bien es cierto que habrá sumideros de carbono y oceánicos, el cambio climático compensará, adversamente, cualquier ganancia obtenida en tales depósitos, aumentando el CO₂.⁵⁷

2.3.8 Estabilización del clima

Las emisiones de CO₂ a la atmósfera determinarán en gran medida el calentamiento global para finales de la década de 2090. Aunque tales emisiones se detuvieran los efectos adversos continuarán por varios siglos.⁵⁸

Para contrarrestar los efectos adversos del cambio climático, las emisiones de CO₂ permanezcan entre 0 y 5,760 de GtC₂.⁵⁹

2.4 Gases de efecto invernadero

La característica primordial de los invernaderos es atrapar el calor, por ejemplo si colocara un plástico transparente sobre un área cerrada, el Sol penetra y hace subir la temperatura. Por las noches ese calor permanece en esa área cerrada, a diferencia del exterior en el cual desciende la temperatura. Por lo que en un invernadero siempre hace más calor que en el exterior.⁶⁰

⁵⁵ Con base en, *Idem*.

⁵⁶ Con base en, *Ibid*, p. 26.

⁵⁷ Con base en, *Idem*.

⁵⁸ Con base en, *Ibid*, p. 27.

⁵⁹ Con base en, *Idem*.

⁶⁰ Con base en, Teo Gómez y Pere Romanillos, *op. cit.*, p. 128.

La Tierra está rodeada de varios gases que hacen la misma función que el plástico en los invernaderos, principalmente son gases de vapor de agua, dióxido de carbono y metano.⁶¹

La radiación solar promedio de la Tierra, se mide en vatios por metro cuadrado, de ésta forma la radiación que llega a la Tierra es del orden de 341.3 vatios por metro cuadrado. De ésta cantidad, un 23% es absorbida por la atmósfera, otro 23% es reflejada por las nubes, los aerosoles y la misma atmósfera, un 7% es reflejada por la superficie del suelo y el restante 47% es absorbida por el suelo. En total la Tierra absorbe 141 vatios por metro cuadrado.⁶²

Para evitar que el suelo y la atmósfera permanezcan calientes, parte de ese calor recibido tiene que regresarse al espacio. De ésta manera, el efecto invernadero se produce cuando el calor queda atrapado en la atmósfera terrestre.⁶³

Cabe señalar, que el ozono hace la función de contener parte de ese calor para que la Tierra no sufra una disminución peligrosa en la temperatura hasta el congelamiento. La evidencia indica que el calor que está entrando al espacio, es mayor del que debiera de salir a razón de 0.9 vatios por metro cuadrado, lo que está generando un calentamiento adicional.⁶⁴

El dióxido de carbono es el gas que más afecta a la atmósfera propiciando el calentamiento global, ya que es el de mayor proporción y el que está aumentando en mayor medida. A continuación se analizará los gases de mayor impacto en el calentamiento global:⁶⁵

2.4.1 Vapor de agua

El vapor de agua (H₂O) es el que más contribuye al efecto invernadero, en vista de que su molécula absorbe más fácilmente la radiación emitida por la Tierra y la retiene en forma de calor. Éste gas se encuentra presente en la atmósfera terrestre de manera variable, desde menos de 1% hasta 4% sobre la superficie de los océanos.⁶⁶

En las zonas cálidas existe una mayor porción de vapor de agua, lo que hace que el efecto invernadero sea mayor. A su vez, a medida que existe un mayor calentamiento en la atmósfera, aumenta la cantidad de vapor de agua, generando el efecto invernadero y también las precipitaciones en forma de lluvia y de nieve. Esto se ve claramente en las zonas donde hay glaciares, es decir, se produce un fenómeno de crecimiento debido a las temperaturas gélidas de bajo cero, a diferencia de otros

⁶¹ Con base en, *Idem*.

⁶² Con base en, *Idem*.

⁶³ Con base en, *Idem*.

⁶⁴ Con base en, *Ibid.* p. 130.

⁶⁵ Con base en, *Idem*.

⁶⁶ Con base en, *Idem*.

glaciares que se encuentran prácticamente desaparecidos. En sí, el calentamiento en la atmósfera implica un incremento del vapor de agua y como consecuencia del efecto invernadero que éste produce.⁶⁷

2.4.2 El Metano

El gas metano (CH₄) es un hidrocarburo que se encuentra presente en la naturaleza debido a la descomposición anaeróbica –por la descomposición de las bacterias y sin presencia del oxígeno– de las plantas. También se produce metano por la descomposición de los cuerpos animales y debido al estiércol.⁶⁸

Antes de la era de la industrialización, la tasa de metano en la atmósfera oscilaba en 0.7 ppm. En la actualidad es de entre 1.7 a 1.8 ppm y gran parte de ésta cantidad se debe a las actividades humanas, como por ejemplo la extracción de gas natural y debido a la agricultura y ganadería.⁶⁹

El metano es un importante gas de efecto invernadero; tan sólo una tonelada de éste gas, es equivalente a 23 toneladas de CO₂ en un periodo de 100 años. No obstante, el metano permanece en la atmósfera por un periodo de 12 años lo que hace que su efecto inmediato sea mucho mayor. El 20% del efecto invernadero se debe al metano. Su mitigación puede resolverse mediante la instalación de vertederos en los escapes de las minas de carbón y en las extracciones de gas natural, sobre todo en Rusia, que es dónde se obtiene la mayor cantidad de metano mundial. Las actividades agrícolas son responsables de la emisión de 400 millones de toneladas al año.⁷⁰

2.4.3 El Óxido Nitroso

El contenido de óxido nitroso (NO₂) en la atmósfera es muy bajo, tan sólo de 0.3 ppm sin embargo contribuye entre un 5 a 6% al efecto invernadero, debido a que su impacto es 320 mayor que el de CO₂ y permanece en la atmósfera 120 años.⁷¹

La principal fuente de emisión de éste tipo de gas proviene de la quema de biomasa en los bosques y el uso de nitrato de amoníaco para abonar los campos para el cultivo. También se debe su existencia a causas naturales como por ejemplo en los océanos. Desde la revolución industrial la cantidad de NO₂ ha aumentado entre 0.2 y 0.3%

⁶⁷ Con base en, *Idem*.

⁶⁸ Con base en, *Ibid*, pp. 131, 132.

⁶⁹ Con base en, *Idem*.

⁷⁰ Con base en, *Idem*.

⁷¹ Con base en, *Ibid*, p. 133

anualmente. También éste gas, altera la capa de ozono, ya que actúa como catalizador para atacarlo y destruirlo a través de los fluorocarbonos.⁷²

2.4.4 Los Halogenuros

Los hidrofluorocarburos (HCFC), perfluorocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre tienen un poderoso efecto invernadero y, aunque su presencia es muy pequeña, y puesto que sus efectos son 10,000 veces superiores a los CO₂, retienen en conjunto el 60% más de la radiación infrarroja que el dióxido de carbono.⁷³

Los HCFC y los PFC se usan para sustituir a los fluorocarbonos que se utilizaban antes en los aires acondicionados y que eran importantes destructores de la capa de ozono que protege la Tierra de la peligrosa radiación ultravioleta.⁷⁴

El hexafluoruro de azufre (SF₆) es el más peligroso de estos gases, en vista de que sus efectos son 20,000 veces superiores a los de CO₂. Algo que ayuda al medio ambiente es que éste gas es muy escaso, además de que es muy denso por lo que no asciende a las capas altas. En todo el mundo se producen unas 8,000 toneladas al año. Puede permanecer en la atmósfera entre 800 y 2,300 años y entre las décadas de 1980 y 1990 aumentó en un 7%.⁷⁵

2.4.5 El Ozono

Éste gas se forma en la atmósfera al romperse una molécula de oxígeno en dos átomos, cada uno de los cuales se une a otra molécula de oxígeno. Se encuentra presente en la atmósfera entre los 19 y los 40 km de altitud con respecto al nivel del suelo. Su concentración, es todavía más alta, por encima de los 25 km, donde actúa como filtro de los rayos ultravioleta y es sumamente peligrosa para la salud, pues altera el ADN de las células.⁷⁶

El ozono presente en la tropósfera, procede de la contaminación atmosférica, principalmente de los vehículos y las industrias, que emiten dióxido de carbono, una pequeña parte de la cual, con la intervención de la luz, se transforma en ozono, el cual

⁷² Con base en, *Idem*.

⁷³ Con base en, *Ibid*, p. 134.

⁷⁴ Con base en, *Idem*.

⁷⁵ Con base en, *Idem*.

⁷⁶ Con base en, *Ibid*, p. 135.

es tóxico para los seres humanos, corroe los materiales, irrita las mucosas y es uno de los componentes principales del smog, cuando hay inversión térmica.⁷⁷

Éste gas existe de forma natural en la atmósfera y además de protegernos de los rayos ultravioleta, el ozono actúa como un gas de efecto invernadero, con un efecto que se acerca al 25% del efecto del CO₂.⁷⁸

2.4.6 Los Aerosoles

Los aerosoles despiden partículas que se encuentran suspendidas en el aire en forma líquida o sólida y que afectan al clima. Absorben la radiación infrarroja terrestre actuando como gases de efecto invernadero. Se clasifican en aerosoles primarios, los cuales son los procedentes del polvo volcánico, el humo de las industrias, el hollín de los incendios o la sal marina levantada por el oleaje. Los secundarios, proceden de sustancias químicas emitidas por las industrias.⁷⁹

En lo que respecta a la contribución de una sustancia al impacto invernadero se usa el Índice Global Warming Potential (GWP). Se toma como base la capacidad para influir sobre el incremento del CO₂ durante un período de 100 años.⁸⁰

Por ejemplo, el GWP, para otros gases puede ser calculado para el metano y el óxido nítrico, en un horizonte de 100 años de ésta manera: un millón de toneladas de metano equivalen a 25 millones de toneladas de dióxido de carbono.⁸¹

⁷⁷ Con base en, *Idem*,

⁷⁸ Con base en, *Idem*.

⁷⁹ Con base en, *Ibid*, p. 125.

⁸⁰ Con base en, *Idem*.

⁸¹ Con base en, Piers Fosters (Coord.), *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*, in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, United Kingdom and New York, Cambridge University Press, 2007, <<http://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-chapter2.pdf>>, (02 de octubre de 2015), p. 212.

En la tabla 2.1 se puede apreciar la relación de los gases de efecto invernadero con respecto a la sustancia base que es el dióxido de carbono:

Tabla 2.1 El Índice GWP

El índice Global Warming Potential (GWP) es una medida de la contribución de una sustancia al efecto invernadero.	
CO ₂	1
CH ₄	25
NO ₂	298
Clorofluorocarbonos.....	Entre 4,600 y 14,000
Hidrofluorofluorocarbonos.....	Entre 120 y 2,400
Hidrofluorocarbonos.....	Entre 12 y 12,000
Clorocarbonos.....	Entre 10 y 1,800
Bromocarbonos.....	Entre 1 y 6,900
Sustancias fluoradas.....	Entre 5,700 y 22,200
Éteres halógenos.....	Entre 1 y 14,900

Fuente: Elaboración propia con base en, Teo Gómez y Pere Romanillos, *El Cambio Climático, Pasado, presente y futuro de un mundo nuevo*, Barcelona, Océano, 2012, p. 27.

Se puede decir que el Índice GWP, es una medida relativa en cuanto al calor que puede ser atrapado por un gas de efecto invernadero, en comparación con un gas de referencia base, por lo general es el bióxido de carbono.

2.5 Precisiones sobre el cambio climático

El cambio climático es un fenómeno extenso y complejo y dada sus características y manifestaciones, su comportamiento es variable y difícil de predecir, por lo que es complejo realizar estudios homogéneos de manera global y regional, por las diferencias significativas existentes.⁸²

A continuación se presentan algunas de las características más sobresalientes que condicionan los estudios:⁸³

1. El cambio climático es un fenómeno global y sus manifestaciones son muy heterogéneas por regiones pero con efectos asimétricos importantes.

Ésta característica se refiere a que hay diferencias significativas en la forma de abordar el problema ya sea global o regional. Por ejemplo, la estrecha relación entre los procesos de mitigación y de adaptación que existe a nivel global no se lleva a cabo tal cual por regiones.

Esto es, que los países desarrollados contribuyen con una mayor proporción en la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y no obstante sufren los menores impactos económicos y además, disponen de la mayor capacidad de adaptación y mitigación.

En cambio, los países menos desarrollados tienen una menor contribución en emisiones pero son más sensibles a los impactos climáticos y disponen de una menor capacidad de adaptación y mitigación. Tales condiciones hacen en conjunto, que sea difícil construir un acuerdo internacional para enfrentar el cambio climático. Así mismo, señalan la importancia de disponer de estudios regionales a profundidad que contribuyan a ponderar las formas de participación de cada país.

2. El cambio climático es un fenómeno recurrente, de gran impacto y de largo plazo, con un elevado nivel de incertidumbre, donde se requiere construir escenarios ambientales y económicos de largo plazo.

En vista de que el fenómeno del cambio climático presenta un elevado nivel de incertidumbre debido al número tan heterogéneo de las variables involucradas,

⁸² Con base en, Luis Miguel Galindo (Coord.), *La Economía del Cambio Climático en México, Síntesis*, México, SEMARNAT, SHCP, 2009, <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/2009_semarnat_ecc_mex.pdf>, (01 de octubre de 2015), p. 1.

⁸³ Con base en, *Ibid*, pp. 1-3.

como las climáticas, económicas, sociales, políticas, demográficas o incluso de política internacional, aunado a las variables antes mencionadas, también destacan otras como son los impactos naturales específicos por regiones, tiempos y magnitudes de los impactos asociados a los procesos de mitigación y adaptación.

En éste contexto, es indispensable realizar escenarios prospectivos sobre la evolución de las economías de cada país para los próximos cien años que permitan identificar una línea base sobre la que se pueda contrastar los impactos y los procesos de mitigación y adaptación del cambio climático.

Aunado a lo anterior, existe un alto nivel de incertidumbre sobre variables clave tales como las tecnologías, los precios relativos y la evolución de los sectores económicos relevantes, y debe reconocerse que en muchos casos los procesos de adaptación y mitigación modificarán el resultado final.

No obstante, tales escenarios contienen información relevante sobre los patrones de comportamiento de la economía y sus posibles consecuencias en el largo plazo de mantenerse el comportamiento tendencial asociado al cambio climático. Además dada la complejidad del fenómeno, debe agregarse la carencia de información adecuada.

3. El riesgo asociado al cambio climático es elevado y, en éste sentido, se convierte, desde el punto de vista del análisis económico, en un proceso donde debe administrarse apropiadamente el riesgo. Esto implica reconocer que, más allá de valores económicos puntuales que puedan asignarse a los impactos climáticos, es necesario preservar y evitar pérdidas irreversibles como en biodiversidad. Por lo que administrar apropiadamente el riesgo de un evento catastrófico, con escasa probabilidad de ocurrencia, o los posibles efectos de retroalimentación, se convierte en un tema central de mucha importancia.

Entonces, identificar apropiadamente los niveles de riesgo y ponderarlos adecuadamente requiere combinar un análisis económico sólido, con base en, una toma de decisiones bien fundamentada, que incluya ponderar algunos principios éticos.

Por otro lado, es necesario identificar dos aspectos fundamentales sobre éste evento climatológico: 1) que el cambio climático tiene impactos significativos en la economía mundial y 2) que los costos de no intervenir en tal evento, son más elevados que la participación en un acuerdo mundial equitativo que reconozca las responsabilidades comunes pero diferenciadas de los países. Así que, desde el punto de vista de la economía y de la

ecología, resulta más práctico y barato intervenir ahora que dejar el problema para las generaciones futuras, más allá de las implicaciones éticas que esto conlleva.⁸⁴

2.6 Causas del Cambio Climático

En éste fenómeno climatológico, predominan los gases de efecto invernadero (GEI) de larga permanencia como la principal causa del calentamiento del planeta. Las emisiones mundiales de GEI causadas por las actividades humanas han registrado un incremento desde la era preindustrial, siendo entre los años de 1970 y 2004 el mayor volumen de emisiones registrado.⁸⁵

El dióxido de carbono (CO₂) es el GEI emitido por el hombre más importante. En éste periodo mencionado en el párrafo anterior, las emisiones anuales han aumentado en aproximadamente un 80%, pasando de 21 a 38 giga toneladas (Gt), y en 2004 representaban un 77% de las emisiones totales de GEI causadas por las actividades humanas. Durante el reciente decenio 1995 - 2004, la tasa de crecimiento anual de las emisiones de CO₂ fue mucho mayor, llegando a 0.92 Gt CO₂ que durante el período anterior de 1970-1994, de 0.43 Gt CO₂.⁸⁶

No solamente las concentraciones atmosféricas mundiales de CO₂, han aumentado sino que también las de metano (CH₄), y óxido nitroso (N₂O) debido a las actividades humanas desde la década de 1750, en sí los aumentos son de la siguiente manera: CO₂, 379 ppm; CH₄, 1,774 ppmm y N₂O 323 ppmm.⁸⁷

Los aumentos registrados de la concentración mundial de CO₂ se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en menor cantidad a los cambios de uso de la tierra. En cuanto al incremento de la concentración de CH₄ se debe predominantemente a la agricultura y a la utilización de combustibles de origen fósil. Y en lo que respecta al aumento de la concentración de N₂O éste procede principalmente de la agricultura.⁸⁸

En sí, se ha presentado un calentamiento para cada continente, en los últimos 50 años producto de las actividades humanas.

⁸⁴ Con base en, *Idem*.

⁸⁵ Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2013, *op. cit.*, p. 5.

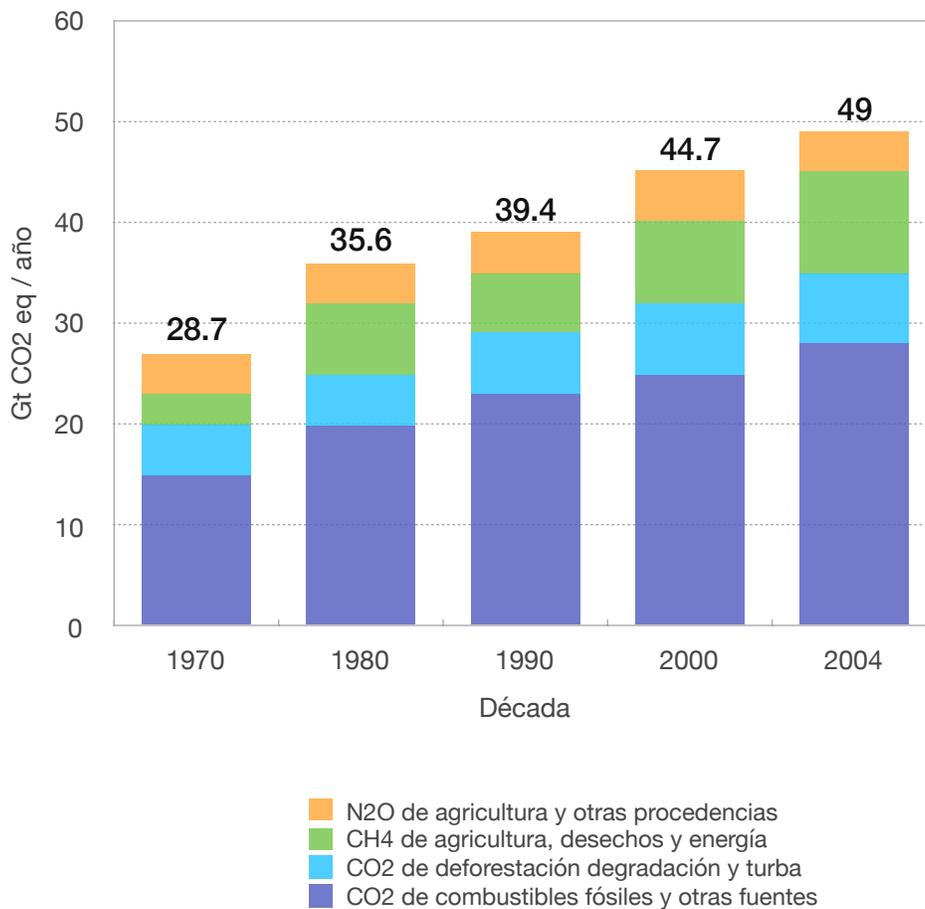
⁸⁶ Con base en, *Idem*.

⁸⁷ Con base en, *Idem*.

⁸⁸ Con base en, *Idem*.

En la gráfica 2.6 se observa la evolución de las emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero producto de las actividades humanas. Se aprecia que a inicios de la década de 1970 el volumen de emisiones era de 28.7 Gt CO₂ equivalentes al año, y para el año 2004 el registro fue de 49 Gt CO₂ equivalente. Esto muestra un aumento del 80% en éste periodo citado.

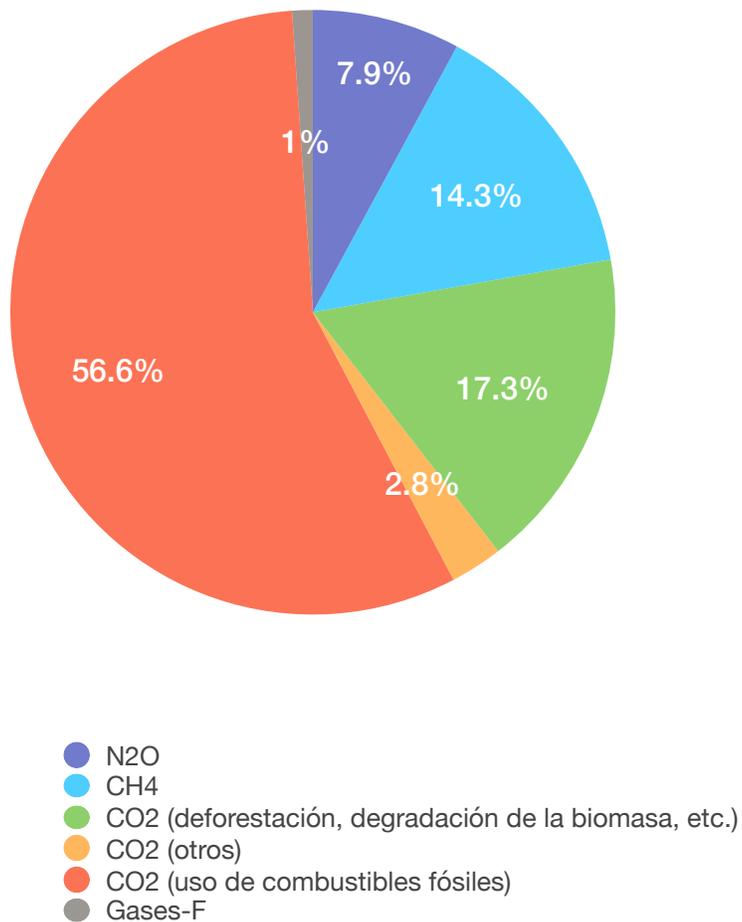
Gráfica 2.6 Emisiones mundiales de GEI por actividades humanas



Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), *Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes*, New York, OMM y PNUMA, 2013, <http://www.ipc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 5.

En la gráfica 2.7 se ilustra la parte proporcional que representan los diferentes GEI, con respecto de las emisiones totales en 2004, en términos de CO2 equivalente. Como se puede apreciar el sector de combustibles fósiles es el que más contribuye al volumen de las emisiones, con un porcentaje de 56.6%, seguido por la deforestación de la biomasa con 17.3% y en tercer lugar se ubica la emisión de metano con 14.3%.

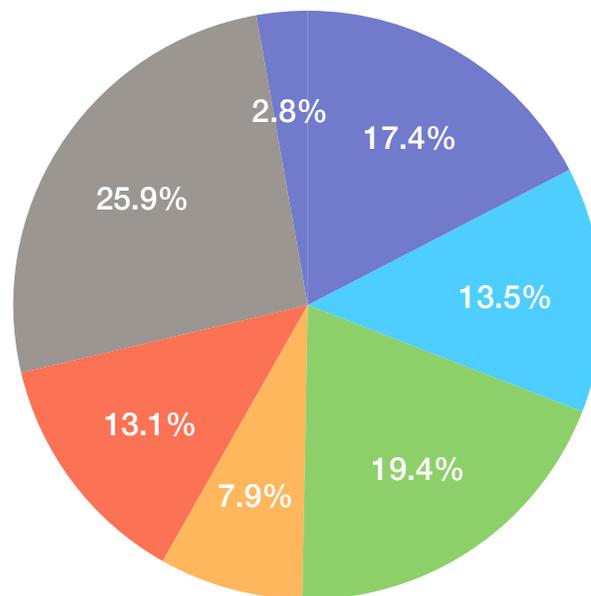
Gráfica 2.7 Parte proporcional que representan los diferentes GEI a nivel mundial, respecto de las emisiones totales en 2004



Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), *Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes*, New York, OMM y PNUMA, 2013, <http://www.ipc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 5.

En cuanto a la proporción de los diferentes sectores en las emisiones totales de GEI en 2004 (gráfica 2.8), en términos de CO₂ equivalente, se nota que el sector con mayor participación es el de suministro de energía con 25.9%, seguido por el de la industria con 19.4% y en tercer lugar se encuentra la silvicultura con 17.4%.

Gráfica 2.8 Parte proporcional que representan diferentes sectores en las emisiones totales de GEI a nivel mundial en 2004 en términos de CO₂ equivalente



- Silvicultura
- Agricultura
- Industria
- Edificios residenciales y comerciales
- Transporte
- Suministro de energía
- Desechos y aguas de desecho

Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), *Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes*, New York, OMM y PNUMA, 2013, <http://www.ipc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 5.

2.7 Impactos ocasionados por el Cambio Climático

Ya para el 2000, se había proyectado un aumento considerable en el número de emisiones de GEI, de hecho entre el año 2000 y 2030, se proyectaba un porcentaje de incremento de entre un 25% y 90% de CO₂ equivalente y es que a decir verdad, no se vislumbraba otra fuente de energía limpia que pudiera sustituir de manera considerable a los combustibles fósiles.⁸⁹

De continuar las emisiones de GEI a una tasa igual o superior a la actual, el calentamiento del planeta aumentaría y el sistema climático mundial experimentaría durante el presente siglo numerosos cambios, muy probablemente mayores que los observados durante el siglo XX.⁹⁰

Se espera para los próximos años, con base en las proyecciones realizadas, un calentamiento de aproximadamente 0.2⁰C por decenio para toda una serie de escenarios de emisiones. De hecho, aunque se hubieran mantenido constantes las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y aerosoles en los niveles presentados del año 2000, cabría esperar un posterior calentamiento de aproximadamente 0.1⁰C por decenio. Por lo que a partir de ese punto, las proyecciones de temperatura dependen cada vez más de los escenarios de emisión de GEI.⁹¹

Los cambios de temperatura, a escala regional, abarcan cinco situaciones: 1) Un calentamiento máximo sobre tierra firme, así como en la mayoría de las latitudes septentrionales altas; y mínimo sobre el océano austral y partes del Atlántico Norte. 2) Una mayor cantidad de deshielo en la mayoría de las regiones de permafrost, y menor extensión de los hielos marinos de la región ártica. 3) Un aumento en las olas de calor y precipitaciones intensas. 4) Un aumento en la intensidad de los ciclones tropicales. 5) Evolución en los vientos, precipitación y temperatura y 5) Un incremento de las precipitaciones en las latitudes altas y disminución en regiones subtropicales.⁹²

En la tabla 2.2, se observan algunos ejemplos de impactos proyectados asociados a diferentes magnitudes de aumento en el promedio mundial de calentamiento y al nivel del mar, así como de CO₂.

⁸⁹ Con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2013, *op. cit.*, pp. 8, 9.

⁹⁰ Con base en, *Idem.*

⁹¹ Con base en, *Idem.*

⁹² Con base en, *Idem.*

En la tabla 2.2 se ven reflejados algunos impactos asociados con el cambio medio mundial de la temperatura, cabe señalar que tales impactos pueden variar en función del grado de adaptación y debido a la tasa de cambio de la temperatura.

Tabla 2.2 Cambio anual medio de la temperatura, ejemplos ilustrativos

	0	1	2	3	4	5
Agua	Mayor disponibilidad de agua en los trópicos húmedos y en latitudes altas Menor disponibilidad de agua y aumento de las sequías en latitudes medias y latitudes bajas y semiáridas Centenares de millones de personas expuestas a un mayor estrés hídrico					➔
Ecosistemas	Hasta un 30% de especies en mayor riesgo de extinción Aumento de la decoloración de corales—Mortalidad generalizada de corales Aumentan el desplazamiento geográfico de especies y el riesgo de incendios no controlados Cambios en los ecosistemas					➔
Alimentos	Impactos negativos complejos y localizados sobre pescadores Tendencia descendente de cereales en latitudes bajas					➔
Costas	Aumento de daños de crecidas y tempestades Pérdida de un 30% mundial de humedales costeros Millones de personas de personas más podrían padecer inundaciones costeras cada año					➔
Salud	Aumento de la carga de malnutrición y enfermedades diarreicas, cardiorrespiratorias e infecciosas Mayor morbilidad y mortalidad por olas de calor y sequías Cambio de distribución de algunos vectores de enfermedades Carga sustancial para los servicios de salud					➔

Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), *Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes*, New York, OMM y PNUMA, 2013, <http://www.ipc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 10.

En las siguientes tablas (2.3 y 2.3a) se presentan algunos ejemplos de los impactos regionales para los próximos años.

Tabla 2.3 Ejemplos de algunos impactos regionales proyectados

África	<ul style="list-style-type: none"> * Entre 75 y 250 millones de personas estarán expuestas a un mayor estrés hídrico por efecto del cambio climático, para el año 2020. * La productividad de los cultivos pluviales se verá afectada para el año 2020 y junto con ello la seguridad alimentada se verá gravemente comprometida. * Para finales del siglo XXI, el aumento en el nivel del mar afectará a las áreas costeras muy pobladas. El costo de la adaptación podría descender el PIB entre un 5% y un 10%.
Asia	<ul style="list-style-type: none"> * Para la década de 2050, la disponibilidad de agua dulce en el centro, sur, este y suroeste de Asia disminuirá especialmente en las grandes cuencas fluviales. * Las áreas costeras del sur, este y sudeste de Asia, se verán amenazadas debido a las inundaciones marinas. * Habrá presiones sobre los recursos naturales y el medio ambiente por efecto de la rápida urbanización, de la industrialización y del desarrollo económico. * La morbilidad y mortalidad endémicas causadas por las enfermedades diarreicas asociadas a las crecidas y sequías principalmente en el este, sur y sureste de Asia aumentarán como resultado de los cambios en los ciclos hidrológicos.
Australia y Nueva Zelanda	<ul style="list-style-type: none"> * Para el año 2020 se espera una importante pérdida de diversidad biológica en lugares de gran riqueza ecológica como la Gran Barrera Coralina. * Para el año 2030 se espera que los problemas de seguridad hídrica se agraven en el sur y este de Australia y en Nueva Zelanda. * Se espera que la producción agrícola y forestal para el año 2030, disminuya en gran parte del sur y este de Australia y en partes de Nueva Zelanda como consecuencia del mayor número de sequías e incendios.
Europa	<ul style="list-style-type: none"> * Se espera que el cambio climático magnifique las diferencias regionales en cuanto a los recursos naturales, así como un aumento en la erosión. * Las áreas montañosas experimentarán retracción de los glaciares, disminución de la cubierta de nieve y abundante pérdida de especies (en algunas áreas hasta un 60%).
América Latina	<ul style="list-style-type: none"> * Para mediados de la década de 2050, los aumentos de la temperatura y las consiguientes disminuciones de la humedad del suelo originarán una sustitución gradual de los bosques tropicales por las sabanas en el este de la Amazonia. * En la América Latina tropical experimentará pérdida biológica importante con la extinción de especies en muchas áreas. * La productividad de algunos cultivos importantes disminuirá y junto con ella la productividad pecuaria con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria.
América del Norte	<ul style="list-style-type: none"> * Se espera que en las montañas occidentales el calentamiento reducirá los bancos de nieve y acrecentaría las crecidas de invierno, así como reduciría la escorrentía estival intensificando de ésta manera la competencia por los recursos hídricos excesivamente solicitados. * En el transcurso de éste siglo, las ciudades que actualmente padecen olas de calor estarán expuestas a un aumento de éstas y de su intensidad y duración, que podría tener efectos adversos en la salud.

Tabla 2.3a Ejemplos de algunos impactos regionales proyectados

Regiones Polares	<ul style="list-style-type: none"> * Los principales efectos biofísicos que se esperan son una reducción del espesor y extensión de los glaciares con efectos perjudiciales para numerosos organismos, en particular aves migratorias, mamíferos y predadores superiores. * En cuanto a las comunidades humanas de la región ártica, los impactos resultantes de la alteración de los fenómenos de nieve y hielo, serán heterogéneos. * Los efectos perjudiciales en las comunidades indígenas sobre su modo de vida tradicionales se pondrán de manifiesto. * Tanto en el Polo Norte como en el Polo Sur, determinados ecosistemas y hábitats serán especialmente vulnerables a medida que disminuyan los obstáculos climáticos a las invasiones de otras especies.
Islas pequeñas	<ul style="list-style-type: none"> * El aumento del nivel del mar intensificaría las inundaciones, las mareas de tempestad, la erosión y otros fenómenos costeros peligrosos, amenazando con ello la infraestructura vital, los asentamientos y las instalaciones de cuya subsistencia dependen las comunidades insulares. * El deterioro de las condiciones costeras, por ejemplo por erosión de las playas o decoloración de los corales, afectaría los recursos locales. * Para mediados del presente siglo, el cambio climático reducirá los recursos hídricos en gran número de islas pequeñas, por ejemplo en el Caribe y en el Pacífico, hasta el punto de que aquéllos serán insuficientes para cubrir la demanda en los periodos de escasa precipitación. * Con el aumento de las temperaturas, aumentarán las invasiones de especies, particularmente en las islas de latitudes medias y altas.

Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013, <http://www.ipc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), pp. 11, 12.

De acuerdo a los ejemplos anteriores, se esperan grandes cambios en el sistema climático con importantes consecuencias en las costas, en el mar y en las actividades agropecuarias. Por ejemplo en América Latina se espera importantes pérdidas en los ecosistemas así como de sus especies. Desde luego, dada la situación económica de ésta región, los impactos serán más agudos en su desarrollo respectivo.

El calentamiento global producirá impactos en forma abrupta e irreversible, en función de la rapidez y magnitud con que se presente el mismo. Tan solo la pérdida parcial del manto de hielo en las regiones polares, implicaría un aumento en el nivel del mar de varios metros, cambios de enormes proporciones en las costas e inundaciones en zonas bajas, con mayores impactos en las islas de baja altura.

En las tablas 2.4, 2.4a y 2.4b, se enuncian algunos ejemplos, de posibles impactos debido al cambio climático producto de la alteración de los fenómenos atmosféricos y climáticos extremos, con base en las proyecciones calculadas para los años 2050 y 2100.

Tabla 2.4 Ejemplos de posibles impactos del cambio climático

Fenómenos y sus tendencias	Probabilidad de las tendencias futuras de las proyecciones para el siglo XXI	Ejemplos de gran magnitud proyectados por sectores			
		Agricultura, silvicultura y ecosistemas	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
En la mayoría de las áreas terrestres, días y noches más cálidos y menos frecuentemente los días más fríos	Prácticamente seguro	Cosechas más abundantes en entornos más fríos y peores en entornos más cálidos; plagas de insectos más frecuentes	Efectos sobre los recursos hídricos que dependen del deshielo; efectos sobre algunos sumideros hídricos	Disminución de la mortalidad humana por una menor exposición al frío	Disminución de la demanda de energía para calefacción; aumento de la demanda de refrigeración; disminución de la calidad de aire en las ciudades; menores dificultades para el transporte a causa de la disminución de las nevadas; efectos sobre el turismo de invierno
Periodos cálidos/olas de calor	Muy probable	Pérdida de cosechas en regiones más cálidas por estrés térmico; mayor peligro de incendios incontrolados	Aumento de la demanda de agua; problemas de calidad del agua (por ejemplo proliferación de algas)	Mayor riesgo de mortalidad por causas térmicas especialmente entre los niños y ancianos	Empeoramiento de la calidad de vida de las poblaciones de áreas cálidas que carecen de viviendas apropiadas

Tabla 2.4a Ejemplos de posibles impactos del cambio climático

Fenómenos y sus tendencias	Probabilidad de las tendencias futuras de las proyecciones para el siglo XXI	Ejemplos de gran magnitud proyectados por sectores			
		Agricultura, silvicultura y ecosistemas	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
Episodios de precipitación intensa. Aumento de la frecuencia en la mayoría de las regiones	Muy probable	Daños a los cultivos; erosión de los suelos; incapacidad para cultivar las tierras por anegamiento de los suelos	Efectos adversos sobre la calidad del agua superficial y subterránea; contaminación de los suministros hídricos; posiblemente menor escasez de agua	Mayor riesgo de defunciones, lesiones e infecciones, y de enfermedades respiratorias y de la piel	Alteración de los asentamientos, del comercio, del transporte y de las sociedades por efecto de las crecidas; presiones sobre las infraestructuras urbanas y rurales; pérdida de bienes
Área afectada por el aumento de las sequías	Probable	Degradación de la tierra; menor rendimiento, deterioro o incluso malogramiento de los cultivos; mayores pérdidas de cabezas de ganado; aumento del riesgo de incendios incontrolados	Mayores extensiones afectadas por estrés hídrico	Mayor riesgo de escasez de alimentos y de agua; mayor riesgo de malnutrición; mayor riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos	Escasez de agua para los asentamientos, las industrias y las sociedades; menor potencial de generación hidroeléctrica; posibles migraciones de la población
Aumento de la intensidad de los ciclones tropicales	Probable	Daños a los cultivos; daños a los arrecifes de coral	Cortes de corriente eléctrica causantes de alteraciones del suministro hídrico público	Mayor riesgo de defunciones, y enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos	Alteraciones por efecto de las crecidas y vientos fuertes; denegación de cobertura de riesgos por las aseguradoras privadas en áreas vulnerables; posibles migraciones de la población, pérdida de bienes

Tabla 2.4b Ejemplos de posibles impactos del cambio climático

Fenómenos y sus tendencias	Probabilidad de las tendencias futuras de las proyecciones para el siglo XXI	Ejemplos de gran magnitud proyectados por sectores			
		Agricultura, silvicultura y ecosistemas	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
Mayor incidencia de subidas extremas del nivel del mar (con excepción de los tsunamis)	Probable	Salinización del agua de irrigación, de los estuarios y de los sistemas de agua dulce	Menor disponibilidad del agua dulce por efecto de la intrusión de agua salada	Mayor riesgo de defunciones y de lesiones por ahogamiento debido a las crecidas; efectos sobre la salud relacionados con las migraciones	Costo de la protección costera comparado con el desplazamiento geográfico de los usos de la tierra; posible desplazamiento de poblaciones e infraestructuras

Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013, <http://www.ipc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 13.

Como ya se citó, la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, aunada a un incremento en el nivel del mar, causarán impactos adversos de enormes proporciones tanto en los sistemas naturales como en los humanos, como se puede notar en la tabla anterior. Así mismo el calentamiento global y el aumento en el nivel del mar proseguirán durante durante siglos, debido a la magnitud de las escalas de tiempo que están en implicadas en los procesos de eliminación de los GEI.

Dentro de los impactos más preocupantes, está la pérdida de especies que de hecho ya están amenazadas de peligro de extinción y según el grado de calentamiento del planeta que se presente estará el aumento en el número de pérdidas de especies en forma masiva.

2.8 Adaptación y mitigación

Será necesaria una adaptación mayor que la que se dispone hoy en día para reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático. Los obstáculos son los costos y los límites que están implicados y que de hecho no han sido lo suficientemente analizados.

La humanidad siempre ha hecho frente a los impactos de los fenómenos relacionados con el tiempo y el clima. No obstante, se necesitarán medidas de adaptación, adicionales y urgentes, para reducir los impactos adversos del cambio y variabilidad proyectados del clima, independientemente de las medidas de mitigación que se adopten en los próximos dos o tres decenios.

Así mismo, todavía a la vulnerabilidad manifiesta al cambio climático se le puede agregar otros factores de estrés producto de las consecuencias del propio fenómeno climatológico, como por ejemplo, la pobreza y acceso desigual a los recursos, la inseguridad alimentaria, las tendencias de la globalización económica, los conflictos, y la incidencia de enfermedades, como el VIH/SIDA.⁹³

En un nivel limitado pero aceptable, se están implantando planes de adaptación al cambio climático. La adaptación puede reducir la vulnerabilidad, especialmente cuando se involucra en iniciativas sectoriales más amplias. Hay opciones de adaptación viables que es posible aplicar en algunos sectores a bajo costo y/o con un alto coeficiente costo/beneficio. Sin embargo, las estimaciones completas de los costos y beneficios mundiales de la adaptación son escasas.⁹⁴

La capacidad de adaptación está en estrecha relación con el desarrollo social y económico de algunas regiones que hacen una marcada diferencia con otras en las cuales se carece de los recursos necesarios para subsistir.

Una característica principal de la capacidad de adaptación, es el dinamismo que conlleva y depende en parte de los fundamentos de la producción social, esencialmente de los bienes de capital, naturales y artificiales. Incluso sociedades de alta capacidad adaptativa siguen siendo vulnerables al cambio climático, a la variabilidad y a los valores extremos.⁹⁵

Con base en estudios de referencia, se observa que hay abundante evidencia de que existe un potencial económico sustancial de mitigación de las emisiones mundiales de GEI en los próximos decenios, que podría contrarrestar el crecimiento proyectado de las emisiones

⁹³ Con base en, Rajendra K. Pachauri, *et. al.*, *Cambio Climático 2007, Informe de Síntesis*, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, PNUMA, OMM, Ginebra, 2007, < https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf>, (30 de septiembre de 2015), p.14.

⁹⁴ Con base en, *Idem.*

⁹⁵ Con base en, *Idem.*

mundiales o reducir éstas por debajo de los niveles actuales. Aunque si bien es cierto que, que todavía habría considerables diferencias a nivel sectorial.⁹⁶

Cabe señalar que aún no existe una única tecnología que aporte todo el potencial de mitigación en un determinado sector. El potencial de mitigación económico, sólo se alcanzará cuando se implanten unas políticas adecuadas y se eliminen los obstáculos inherentes para conseguir tal fin.⁹⁷

Para lograr reducir las emisiones de CO₂, se espera que se consoliden las decisiones entorno de la inversión en infraestructuras energéticas, que podrían ser superiores a 20,000 millones de dólares entre 2005 y 2030, éstas tendrán efectos a largo plazo sobre las emisiones de GEI, debido al prolongado ciclo de vida de las plantas energéticas y de otros bienes de capital de infraestructura.⁹⁸

Se requiere entonces de una difusión masiva acerca del uso de tecnologías de bajo contenido de carbono y esto lógicamente podría tardar muchos decenios, aun cuando las primeras inversiones en esas tecnologías sean atractivas. Las estimaciones iniciales indican que para retroceder hasta el nivel de emisiones de CO₂ del sector energético mundial correspondiente a 2005, se tuvieron que modificar sustancialmente las pautas de inversión desde el año 2007 para cumplir con ésta meta para el año de 2030.⁹⁹

La aplicación de medidas sustantivas para mitigar los efectos del cambio climático dependerá de que los gobiernos formulen una gran diversidad de políticas e instrumentos para crear incentivos que reduzcan los impactos adversos de éste fenómeno y esto dependerá de las circunstancias de cada país y del contexto sectorial al que pertenezcan.

Para llevar lo anterior a un plano más particular, habría que integrar las políticas climáticas y estrategias -de cada país con base en las disposiciones del sector- en políticas de desarrollo, reglamentaciones y normas, impuestos y gravámenes, permisos comerciales, incentivos financieros, acuerdos voluntarios, instrumentos de información, y actividades de investigación y desarrollo.¹⁰⁰

Existe evidencia de que las medidas de mitigación pueden redundar en beneficios adicionales a corto plazo (por ejemplo, una mejora de la salud gracias a una menor calidad del aire), que podrían compensar una fracción sustancial de los costos de mitigación.

⁹⁶ Con base en, *Idem*.

⁹⁷ Con base en, *Ibid*, p. 15.

⁹⁸ Con base en, *Idem*.

⁹⁹ Con base en, *Idem*.

¹⁰⁰ Con base en, *Idem*.

Tabla 2.5 Ejemplos de adaptación planificada, por sectores

Sector	Opción/estrategia de adaptación	Marco de políticas básico	Limitaciones principales y oportunidades de implementación
Agua	Potenciación de la recogida de agua de lluvia; técnicas de almacenamiento y conservación de agua; reutilización del agua; desalación; eficiencia de uso del agua y de la irrigación.	Políticas nacionales sobre el agua y gestión integrada de los recursos hídricos, gestión de fenómenos peligrosos relacionados con el agua.	Recursos financieros y humanos, y obstáculos físicos; gestión integrada de los recursos hídricos; sinergias con otros sectores.
Agricultura	Modificación de las fechas de siembra y plantación y de las variedades de cultivo; reubicación de cultivos; mejora de la gestión de las tierras (por ejemplo, control de la erosión y protección del suelo mediante plantación de árboles).	Políticas de Investigación y Desarrollo; reforma institucional; tenencia y reforma de la tierra; formación; creación de capacidad; aseguramiento de cultivos; incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales).	Limitaciones tecnológicas y financieras; acceso a nuevas variedades; mercados; mayor duración de la temporada de cultivo en latitudes superiores; ingresos procedentes de productos “nuevos”.
Infraestructura/ asentamientos (incluidas las zonas costeras)	Reubicación; muros de contención marina y barreras contra mareas de tempestad; reforzamiento de dunas; adquisición de tierras y creación de marismas/humedales como retardados del aumento del nivel del mar y de las inundaciones; protección de las barreras naturales existentes.	Normas y reglamentaciones que integren en el diseño las consideraciones sobre el cambio climático; políticas de uso de la tierra; ordenanzas de edificación; seguros.	Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de espacio para reubicación; políticas y gestiones integradas; sinergias con metas de desarrollo sostenible.
Salud humana	Planes de actuación para hacer frente a los efectos del calor sobre la salud; servicios médicos de emergencia; mejora de las medidas de monitoreo y control de enfermedades sensibles al clima; agua salubre, y mejora de los saneamientos.	Políticas de salud pública que reconozcan los riesgos climáticos; consolidación de los servicios sanitarios; cooperación regional e internacional.	Límites de tolerancia humana (grupos vulnerables); limitación de los conocimientos; capacidad financiera; mejora de los servicios de salud; mejora de la calidad de vida.

Tabla 2.5a Ejemplos de adaptación planificada, por sectores

Turismo	Diversificación de las atracciones e ingresos turísticos; desplazamiento de las pistas de esquí a altitudes superiores y a glaciares; fabricación de nieve artificial.	Planificación integrada (por ejemplo, capacidad de transporte; vínculos con otros sectores); incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales).	Atractivo/comercialización de nuevas atracciones; desafíos financieros y logísticos; efectos potencialmente adversos sobre otros sectores (por ejemplo, la fabricación de nieve artificial podría incrementar la utilización de energía); ingresos procedentes de “nuevas” atracciones; participación de un mayor número de partes interesadas.
Transporte	Reordenación/reubicación; normas de diseño y planificación de carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras para hacer frente al calentamiento y a los fenómenos de drenado.	Consideración del cambio climático en las políticas de transporte nacionales; inversiones en Investigación y Desarrollo en situaciones especiales (por ejemplo, áreas de permafrost).	Obstáculos financieros y tecnológicos; disponibilidad de rutas menos vulnerables; mejora de las tecnologías e integración con sectores clave (por ejemplo, energía).
Energía	Consolidación de la infraestructura secundaria de transmisión y distribución; cableado subterráneo para servicios públicos básicos; eficiencia energética; utilización de fuentes renovables; menor dependencia de fuente de energía únicas.	Políticas energéticas nacionales, reglamentaciones, e incentivos fiscales y financieros para alentar la utilización de fuentes alternativas; incorporación del cambio climático en las normas de diseño.	Acceso a alternativas viables; impedimentos financieros y tecnológicos; estimulación de nuevas tecnologías; utilización de recursos locales.

Fuente: Elaboración propia con base en, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes, New York, OMM y PNUMA, 2013, <http://www.ipc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, (27 de septiembre de 2015), p. 16.

No cabe duda de que existen múltiples opciones para reducir las emisiones mundiales de GEI, y esto se logrará mediante la cooperación internacional al establecer políticas orientadas a combatir los impactos del calentamiento global. Además existe un potencial económico importante para mitigar las emisiones mundiales de GEI. Por lo que se podría contrarrestar el crecimiento proyectado de las emisiones mundiales o reducir éstas por debajo de los niveles actuales.

2.9 Inventario de Emisiones

Uno de los objetivos primordiales dentro de la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que impida que las subsecuentes emisiones peligrosas afecten al sistema climático.¹⁰¹ En la gráfica 2.9 de la página siguiente, se observa a las veinte naciones que presentan más emisiones de CO₂, en la cual se destacan los casos de China, Estados Unidos e India, cada uno de ellos contribuye con 9,680, 5,561 y 2,597, respectivamente.¹⁰²

En el caso de México, el nivel esperado de estabilización de las concentraciones, deberá lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático. También se busca asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Los cálculos de emisiones de GEI presentan para cinco de las seis categorías de emisión, las cuales son: Energía; Procesos Industriales; Agricultura; Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura, y Desechos. (Ver gráfica 2.10 y 2.10a). Las emisiones de GEI en 2010 estimadas en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.) totalizaron 748 millones de toneladas, lo que indica un incremento de 33.4% con respecto al año base 1990, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.5%.¹⁰³

La contribución de las emisiones de GEI en 2010 por categoría en términos de CO₂ eq., es de la siguiente manera: Energía, representó 67.3% (503,817.6 Gg); Agricultura, 12.3% (92,184.4 Gg); Procesos Industriales, 8.2% (61,226.9 Gg); Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura, 6.3% (46,892.4 Gg), y Desechos, 5.9% (44,130.8 Gg). (Gráfica 2.10 y 2.10b).¹⁰⁴

También, en 2010, las emisiones per cápita en México fueron de 7.1 toneladas de CO₂ eq., del total de emisiones nacionales de GEI. En 2009 las emisiones de CO₂ per cápita, considerando únicamente las emisiones por consumo de combustibles fósiles, fueron de 3.75 toneladas por habitante, mientras que el promedio mundial fue de 4.1 toneladas de CO₂ per cápita.¹⁰⁵

¹⁰¹ Con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *et, al, Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 1990-2010*, México, SEMARNAT, 2013, p. xvii.

¹⁰² Con base en, Global Carbon Atlas, *Emisiones de CO₂ por país*, Comisión Europea, 2015, <globalcarbonatlas.org/?q=en/emissions>, (05 de noviembre de 2015), [s.p.].

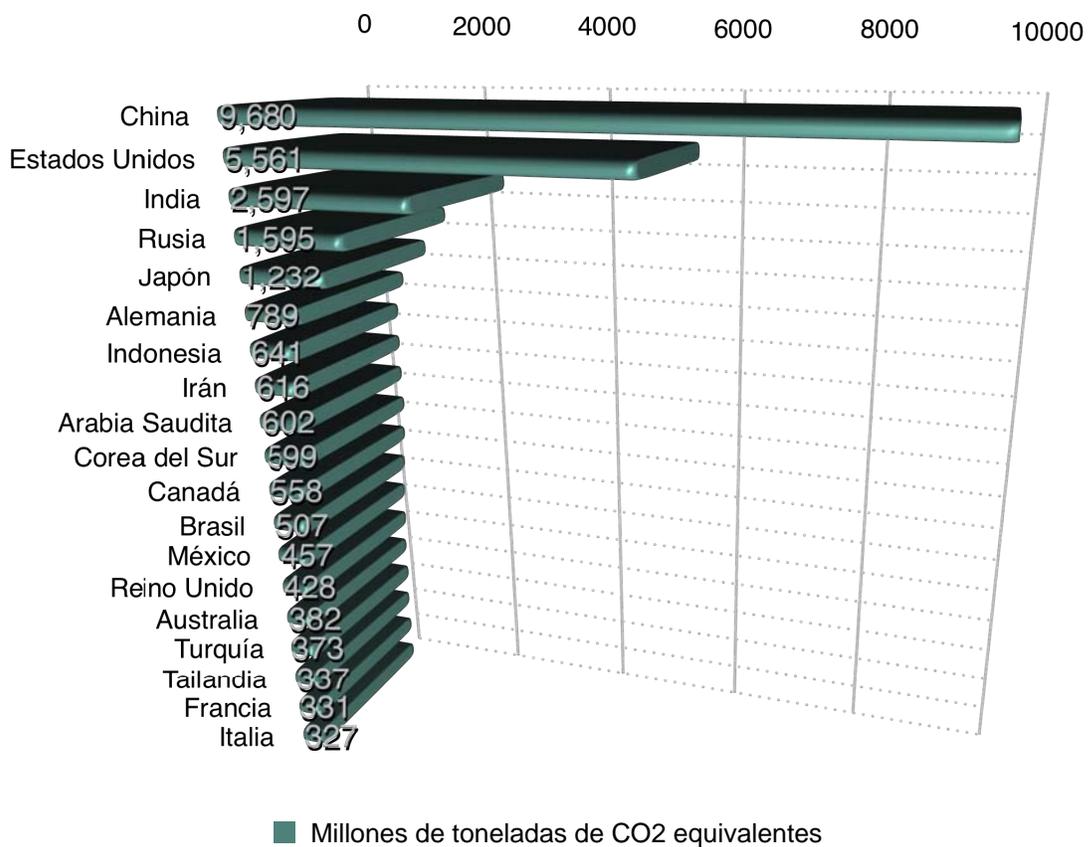
¹⁰³ Con base en, *Idem*.

¹⁰⁴ Con base en, *Idem*.

¹⁰⁵ Con base en, *Idem*.

Al final de 2014 las emisiones totales de CO₂ fue de acuerdo a la gráfica 2.9, en la cual se presentan a los veinte países mas contaminantes del planeta.

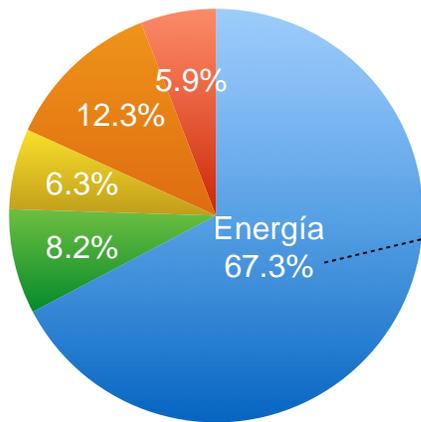
Gráfica 2.9 Emisiones de CO₂ por país al final de 2014



Fuente: Elaboración propia con base en, Global Carbon Atlas, *Emisiones de CO₂ por país*, Comisión Europea, 2015, <www.globalcarbonatlas.org/?q=en/emissions>, (05 de noviembre de 2016), [s.p.].

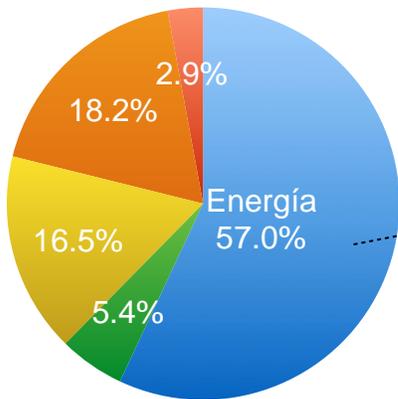
Como se puede notar en las gráficas 2.10 y 2.10a, la categoría de Energía sigue predominando en el total de emisiones de GEI en México, principalmente por las emisiones de las industrias de la energía y el transporte, que representan alrededor de un 44% del total del inventario nacional.

Gráfica 2.10 Participación de emisiones de GEI por sector, en México (2010).



- Energía
- Procesos Industriales
- Agricultura
- Cambio en el uso del suelo y silvicultura
- Desechos

Gráfica 2.10a Participación de emisiones de GEI por sector, en México (1990).



- Energía
- Procesos Industriales
- Agricultura
- Cambio en el uso del suelo y silvicultura
- Desechos

	2010	1990
Consumo propio	9.4%	11.7%
Generación eléctrica	22.9%	20.9%
Manufacturas e Industrias de la Construcción	11.3%	16.0%
Transporte	33.0%	27.9%
Comercial, residencial y agropecuario	6.9%	9.0%
Emisiones fugitivas	16.5%	14.6%

Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *et. al.*, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2000*, México, SEMARNAT, 2013, p. xviii.

2.9.1 Emisiones por Gas, Fuente, Sumideros, y tendencias

1. Emisiones de Bióxido de Carbono CO₂

El registro de emisiones de bióxido de CO₂ para el año 2010, fue de 493,450.6 Gg,¹⁰⁶ representando una contribución de 65.9% (Gráfica 2.11), al total del inventario e indican un incremento de 23.6% con respecto a 1990. Las emisiones de CO₂ en el país provienen principalmente por la quema de combustibles fósiles, cambio en el uso del suelo y silvicultura, así como de procesos industriales.¹⁰⁷

De las emisiones de CO₂ estimadas, cinco de las fuentes pertenecen al consumo de combustibles fósiles de la categoría Energía; éstas aportan 82.1% del total de CO₂ del inventario.¹⁰⁸

2. Emisiones de Metano CH₄

En cuanto al metano CH₄, las emisiones para el año 2010, fueron 7,938.9 Gg, lo que representa un incremento de 59.8% con respecto a 1990, totalizando una contribución respecto al total de emisiones de 22.3% (Gráfica 2.11). Las principales fuentes de emisión corresponden a las categorías de Desechos, Energía y Agricultura.¹⁰⁹

3. Emisiones de Óxido Nitroso N₂O

En 2010, las emisiones de N₂O fueron 223.0 Gg, cifra 23.1% mayor que la registrada en 1990 contribuyendo al total del inventario con un 9.21% (Gráfica 2.11). La principal aportación a éste gas proviene de los suelos agrícolas con 67.2%; transporte, 18.2%; manejo de estiércol, 9.3%, y tratamiento y eliminación de aguas residuales, 2.8%. En conjunto todos ellos representan 97.5% de las emisiones de N₂O en 2010. Las emisiones de suelos agrícolas provienen primordialmente del manejo de las heces y el uso de fertilizantes nitrogenados.¹¹⁰

¹⁰⁶ Un giga gramo (Gg), es la unidad de medida de masa equivalente a 10⁹ gramos, empleada para las emisiones de gases de efecto invernadero. Un giga gramo equivale a 1,000 toneladas, con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002*, México 2006, p. xxxii.

¹⁰⁷ Con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *op. cit.*, p. xix.

¹⁰⁸ Con base en, *Idem.*

¹⁰⁹ Con base en, *Idem.*

¹¹⁰ Con base en, *Idem.*

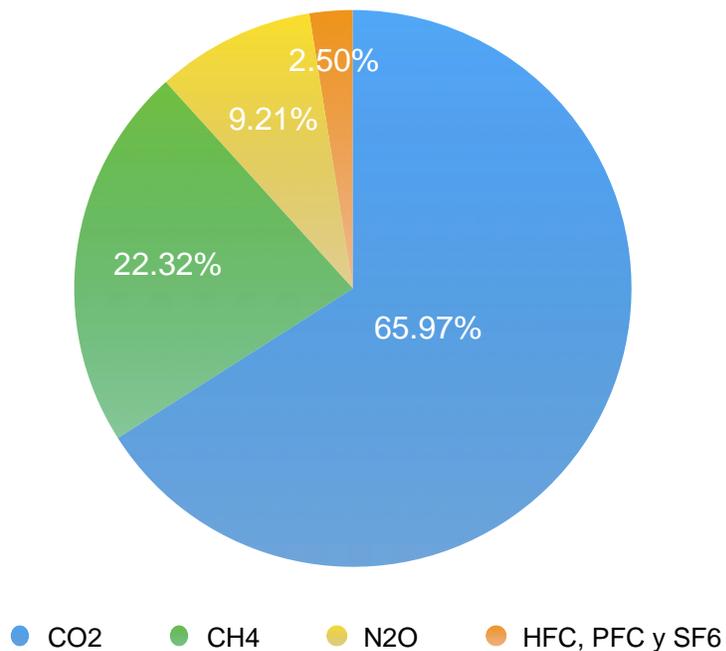
4. Emisiones de Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆)

Las emisiones de estos gases provienen principalmente de los equipos de refrigeración y aire acondicionado derivados de ésta familia de gases como agente refrigerante y en los paneles aislantes. En 2010, las emisiones registradas fueron de 18,692.3 Gg de CO₂ eq., lo que representa un incremento de 2,307% con respecto a 1990, contribuyendo al volumen total de emisiones con un 2.50% (Gráfica 2.11). Dicho incremento es reflejo de un mayor uso de HFC en refrigeradores y aires acondicionados de industrias, viviendas y automóviles, en sustitución de los CFC (clorofluorocarbonos) controlados por el Protocolo de Montreal y cuyo uso está restringido en el mundo.¹¹¹

¹¹¹ Con base en, *Idem*.

En la gráfica 2.11 se nota que el gas que contribuye más a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero es el bióxido de carbono (CO₂), con 65.97%, seguido por el metano con 22.32%, el óxido nitroso con 9.21% y finalmente los hidrofluorocarbonos con 2.50%.

Gráfica 2.11 Contribución de emisiones de GEI por gas, en México (2010)



Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *et. al.*, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2000*, México, SEMARNAT, 2013, p. xviii.

2.10 Emisiones por categoría, fuente y sumideros

1. Energía

El sector de energía registró en el total de emisiones de GEI, expresadas en CO₂ eq., un aumento de 56.5% con respecto al año base de 1990, al pasar de 319,173.8 Gg a 503,817.6 Gg, lo que representó una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de 2.3% (Tabla 2.6).¹¹²

De acuerdo a las emisiones de CO₂ por tipo de combustible registradas en 2010, se observa que el consumo de gasolina y gas natural representan la mayor contribución a las emisiones de éste bloque, 25.2% (102,755 Gg) y 30.7% (125,568 Gg), respectivamente. Les siguen en importancia el diésel y combustóleo, que aportan 14.6% (59,382 Gg) y 9.7% (39,639 Gg), respectivamente, y el 19.8% restante corresponde al carbón, coque de carbón, coque de petróleo, gas licuado del petróleo (GLP) y querosenos (Gráfica 2.12).¹¹³

Del total de las emisiones de GEI en unidades de CO₂ eq., generadas en 2010, (Gráfica 2.12a), en el sector de Energía, provinieron del transporte, que contribuyó con 33.0% (166,412.0 Gg); industrias de la energía, 32.3% (162,969.2 Gg); manufactura e industria de la construcción, 11.3% (56,740.8 Gg); emisiones fugitivas, 16.5% (83,119.8 Gg), y otros sectores (comercial, residencial y agropecuario), 6.9% (34,575.8 Gg).¹¹⁴

Dentro de la subcategoría de emisiones fugitivas de metano para el periodo 1990-2010, las emisiones tuvieron un crecimiento de 78.4%, equivalente a una TCMA de 2.9%, al pasar de 46,603.5 Gg de CO₂ eq., en 1990 a 83,119.8 Gg de CO₂ eq., en 2010 (Tabla 2.6).¹¹⁵

En el año de 2013, la participación de las actividades de la industria de petróleo y gas fue 92.1% (76,562.9 Gg) y la del proceso de minado y manejo del carbón, 7.9% (6,556.9 Gg), mientras que en el año de 1990 sus respectivas contribuciones fueron 94.9% y 5.1% (Tabla 2.6).¹¹⁶

¹¹² Con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *op. cit.*, p. 43.

¹¹³ Con base en, *Ibid.*, p. 45.

¹¹⁴ Con base en, *Ibid.*, p. 52.

¹¹⁵ Con base en, *Ibid.*, pp. 63, 64.

¹¹⁶ Con base en, *Ibid.*, pp. 65-67.

2. Procesos industriales

En los procesos industriales se obtuvieron, emisiones de GEI cuyo incremento fue del orden del 102.3%, pasando de 30,265.6 Gg de CO₂ eq., en 1990 a 61,226.9 Gg de CO₂ eq., en 2010. Tal incremento fue producto del crecimiento en el uso de piedra caliza y dolomita, la producción de cemento y un aumento significativo en el consumo de gases fluorados (HFC y SF₆).¹¹⁷

En lo que respecta a las emisiones de GEI de la industria química, éstas disminuyeron notablemente durante el mismo periodo referido en el párrafo anterior (66.2%), al pasar de 4,579.8 Gg de CO₂ eq., en 1990 a 1,548.9 Gg de CO₂ eq., en 2010, como resultado de una reducción en la producción de petroquímicos básicos y secundarios.¹¹⁸

Por su parte, las fuentes que más contribuyeron a las emisiones de CO₂ en el año 2010 fueron: producción de cemento, 47.5% (20,003.3 Gg); uso de piedra caliza y dolomita, 29.6% (12,445.7 Gg); producción de hierro y acero, 12.1% (5,111.0 Gg). En menor cantidad, otras fuentes que contribuyeron a éstas emisiones fueron: producción de cal, 6.3% (2,664.3 Gg); producción de amoníaco, 3.2% (1,348.5 Gg); producción de ferroaleaciones, 0.9% (358.2 Gg); carbonato de sodio, 0.3% (120.4 Gg), y producción de aluminio, 0.1% (30.0 Gg).¹¹⁹

3. Agricultura

En el territorio mexicano se cuentan con 1.96 millones de kilómetros cuadrados de extensión superficial, de los cuales 145 millones hectáreas (ha) están destinadas a la actividad agrícola y pecuaria; 30 millones de hectáreas son consideradas tierras de cultivo y 115 millones de hectáreas son de agostadero.¹²⁰ La producción agrícola y ganadera son actividades fundamentales en las zonas rurales, en donde habita 22% de la población nacional. Es por ello, que el desarrollo rural es un elemento esencial para el desarrollo de nuestro país.¹²¹

¹¹⁷ Con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *op. cit.*, pp. 78, 81.

¹¹⁸ Con base en, *Idem.*

¹¹⁹ Con base en, *Ibid.*, p. 80.

¹²⁰ Los agostaderos son tierras con capacidad para producir forraje para el ganado y animales silvestres, también se les conoce a estos espacios como pastizales, con base en, Secretaría de Ganadería Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, (SAGARPA), *Conceptos Básicos*, México, [s.a.], <<http://www.sagarpa.gob.mx/DesarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/35/10.pdf>>, (15 de noviembre de 2014), p. 1.

¹²¹ Con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *op. cit.*, p. 106.

Entre las décadas de 1990 y 2010, las emisiones totales del sector Agricultura se situaron en promedio en 89,129.01 Gg de CO₂ eq., con un máximo de 92,785.90 Gg de CO₂ eq., correspondiente a 1990, y con un mínimo de 86,161.00 Gg de CO₂ eq., en 1999. Para el año de 2010, las emisiones registradas fueron 92,184.60 Gg de CO₂ eq. Las principales causas de la variación en las emisiones a lo largo de éste periodo referido se atribuyen a la dinámica del número de cabezas de ganado.¹²²

4. Uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura (USCUSS)

El total de las emisiones del sector uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura (USCUSS) fueron en promedio de 73,872 Gg de CO₂, con un valor máximo de 122,372 Gg de CO₂ en 1991 y un mínimo de 45,369 Gg de CO₂ en 2002. En general, para el periodo 1990-2010, se registró una disminución de las emisiones de 55%, al pasar de 101,257 a 45,670 Gg de CO₂.¹²³

La biomasa en los bosques y otros reservorios presentan una disminución de 64% en sus emisiones, al pasar de 16,159 Gg de CO₂ en 1990 a 5,861 Gg de CO₂ en 2010. En éste cálculo no se incluyen los aprovechamientos no autorizados (tala ilegal) por falta de información oficial.¹²⁴

En lo que respecta a la conversión de bosques y otras coberturas vegetales a otros usos como el agrícola, ésta presenta una disminución de 39% en sus emisiones, de 73,720 Gg de CO₂ en 1990 a 45,325 Gg de CO₂ en 2010.¹²⁵

Algo positivo en ésta categoría de USCUSS es el abandono de tierras cultivadas en las que se presenta la revegetación que da lugar a la remoción o absorción (valores negativos) de emisiones; en 1990 la remoción estimada fue de 8,071 Gg de CO₂; y se incrementa de forma gradual hasta alcanzar 15,257 Gg de CO₂ en 2010, esto es, un incremento de 124%, que contribuye positivamente a la reducción de emisiones de esta categoría.¹²⁶

En lo que respecta a las emisiones derivadas de los suelos minerales, éstas muestran una tendencia a la baja. El registro de las mayores emisiones se presentó en 1993 con 29,915 Gg de CO₂, mientras que las menores emisiones se registraron en 2002 y 2010 con 11,165 y 12,593 Gg de CO₂, respectivamente.¹²⁷

¹²² Con base en, *Ibid* pp. 105-110.

¹²³ Con base en, *Ibid*, p. 127.

¹²⁴ Con base en, *Ibid*, 130.

¹²⁵ Con base en, *Ibid*, 131.

¹²⁶ Con base en, *Ibid*, 133.

¹²⁷ Con base en, *Ibid*, 134.

5. Desechos

Las emisiones de GEI en unidades de CO₂ eq., aumentaron en 167.0%, al pasar de 16,529.1 Gg en 1990 a 44,130.8 Gg en 2010. Éste aumento es resultado principalmente tanto del crecimiento de la población, como de la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios tecnificados, sin olvidar el impulso dado en las últimas décadas al tratamiento de las aguas, tanto residuales municipales como industriales.¹²⁸

En cuanto a las emisiones de CH₄ en el periodo 1990-2010 éstas tuvieron un crecimiento de 178.0%, al pasar de 707.9 Gg en 1990 a 1,967.8 Gg en 2010. El incremento de la eliminación de desechos sólidos fue de 232.4%, pasando de 316.8 Gg en 1990 a 1,053.2 Gg para 2010, con una TCMA de 6.2%. Así mismo, el incremento en el mismo periodo referido, para aguas residuales municipales fue de 126.6%, con emisiones de 188.0 Gg en 1990 y de 426.0 Gg en 2010, con una TCMA de 4.2%. Por último, para aguas residuales industriales el aumento fue de 149.7%, ya que en 1990 se tuvieron 181.3 Gg y en 2010, 452.7 Gg, lo que representó una TCMA de 4.7%.¹²⁹

La participación en emisiones del gas Metano (CH₄), en los desechos sólidos fue un incremento de 44.8% en 1990 a 53.5% en 2010, mientras que las aguas residuales disminuyeron de 52.2% a 44.7% del total. Las actividades, tanto de tratamiento biológico de desechos sólidos como incineración e incineración a cielo abierto, disminuyeron su participación de 3.0% a 1.8% de 1990 a 2010.^{130 131}

¹²⁸ Con base en, *Ibid*, 137.

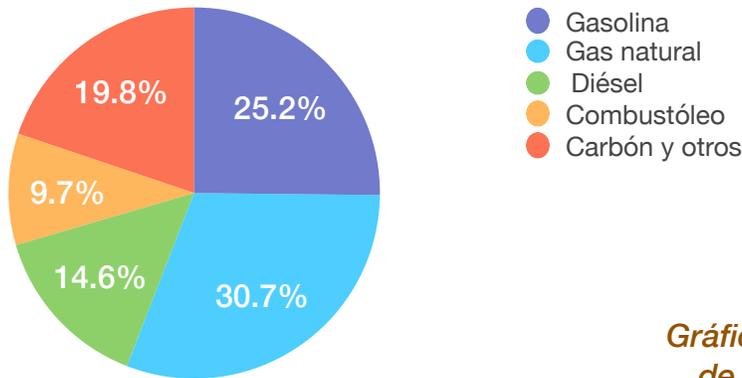
¹²⁹ Con base en, *Ibid*, 139.

¹³⁰ Con base en, *Idem*.

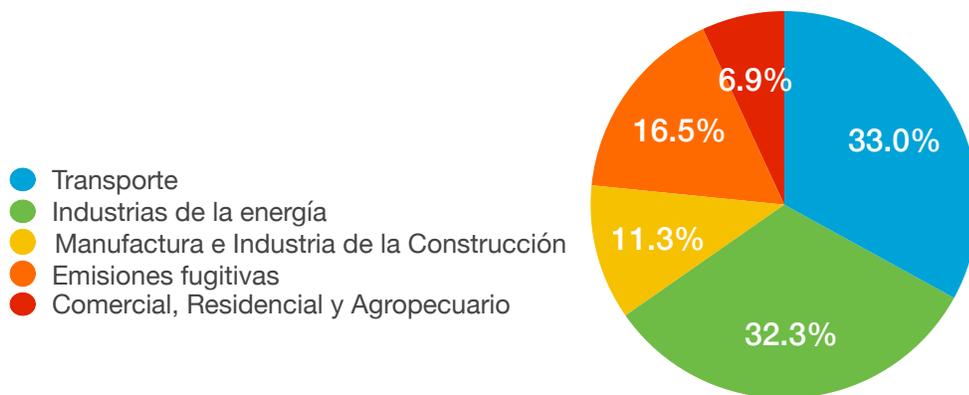
¹³¹ Cabe señalar, que cuando las aguas residuales se usan para riego, una parte importante del CO₂ queda fijado en el suelo, debido a la capacidad de almacenamiento de éste.

Las emisiones por tipo de combustible, (gráfica 2.12) se presentaron de la siguiente manera: el Gas natural con mayor contribución a los Gases de Efecto Invernadero, seguido por la Gasolina, el Carbón y otros. En la Gráfica 2.12a, las emisiones de GEI al final de 2010 por sectores, se observa que el sector transporte es el que mayor contribución tiene al total de emisiones, ligeramente por encima de las industrias de energía y casi el doble de las industrias de la construcción.

Gráfica 2.12 Emisiones de GEI por tipo de combustible (2010).



Gráfica 2.12a Emisiones de GEI por sectores (2010).



Fuente: Elaboración propia con base en, *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, et., al., Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2000, México, SEMARNAT, 2013, p. 52.*

En la tabla 2.6, se ve reflejado el total de emisiones de CO₂ por sector al final de 1990 y 2010, en la cual se destaca el rubro de transporte, con un total de 89,149.3 al final de 1990, no obstante para el final de 2010, las emisiones de éste sector disminuyeron hasta llegar a la cifra de 56,760.8, no así con la generación de energía eléctrica, en la que se registró un incremento considerable llegando a la cifra de 115,537.4, a finales de 2010.

Tabla 2.6 Emisiones por sector, en México (Gg de CO₂ eq.)

Sector	Emisiones		Contribución		TCMA
	1990	2010	1990	2010	
	Gg de CO ₂ eq.		%		%
Consumo propio	37,228.8	47,431.9	11.7	9.4	1.2
Generación eléctrica	66,856.6	115,537.4	20.9	22.9	2.8
Manufactura e industria de la construcción	50,921.3	56,740.8	16.0	11.3	0.5
Transporte	89,149.3	56,740.8	27.9	33.0	3.2
Comercial	3,730.6	4,842.6	1.2	1.0	1.3
Residencial	19,672.7	21,460.1	6.2	4.3	0.4
Agropecuario	5,011.1	8,273.1	1.6	1.6	2.5
Subtotal	272,570.3	424,307.0	85.4	83.5	2.2
	Emisiones fugitivas				
Minado y manejo de carbón	2,366.8	6,556.9	0.7	1.3	5.2
Industria del petróleo y gas	44,236.7	76,562.9	13.9	15.2	2.8
Subtotal	46,603.5	83,119.8	14.6	16.5	2.9
Total	319,173.8	503,817.6			2.3

Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, et., al., Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2000, México, SEMARNAT, 2013, p. 53.

2.11 El cambio climático y los ecosistemas

Como se analizará en el capítulo 5 más detenidamente, los ecosistemas forestales son uno de los principales reservorios mundiales de carbono por su capacidad para captar el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, mediante el proceso natural de la fotosíntesis, y almacenarlo durante largos periodos de tiempo en sus tejidos (celulosa), así como en el suelo, al incorporarse a partir de la materia orgánica muerta y descompuesta.¹³²

El almacenaje de los ecosistemas forestales del mundo, en lo que respecta sólo a la biomasa, oscila en 289 gigatoneladas (Gt) de Carbono. No obstante si se toma en cuenta de manera integral al total de los reservorios de carbono almacenado en la biomasa forestal, la madera muerta, la hojarasca y el suelo, la cantidad de carbono almacenado es mayor que todo el carbono presente en la atmósfera (652 Gt). La consecuencia que revisten los procesos de deforestación y degradación es en la pérdida de su condición de almacenadores de CO₂, contribuyendo de ésta forma, al cambio climático.¹³³

Así mismo, el volumen de emisiones de GEI en los últimos años, relacionado con los bosques, proviene de los procesos de deforestación afines con el cambio en el uso de suelo. Adicionalmente, se estima que las reservas de carbono en la biomasa forestal descendieron en 0.5 Gt al año en el período 2000-2010, fundamentalmente debido a la reducción de la superficie forestal total, lo que conlleva a emisiones de GEI.¹³⁴

En cuanto al almacenamiento de carbono, de los bosques tropicales, éstos contienen aproximadamente el 40% de carbono acumulado en la biomasa terrestre, por lo que es notorio que cualquier alteración de los ecosistemas, se reflejará en un cambio significativo en el ciclo de carbono global y, por ende, en un incremento de los impactos adversos en el cambio climático.¹³⁵

En lo que respecta a los impactos por eventos en el clima extremos, como son huracanes, sequías, ondas de calor o frío, tormentas, entre otros, éstos marcan el rumbo para visualizar la vulnerabilidad de las regiones y de la sociedad en general. Los bosques pueden contribuir a atenuar éstos impactos, aumentando la resiliencia de la sociedad ante el cambio climático además de generar múltiples beneficios, por ejemplo, al estabilizar las laderas. A su vez, la conservación de los ecosistemas forestales también coadyuva en la conservación de la biodiversidad y la apreciación ecológica de los paisajes.¹³⁶

¹³² Con base en, Comisión Nacional Forestal (CONAFORT), *Estrategia Nacional para REED (ENAREDD)*, México, 2014, [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6345Elementos%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20la%20Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20\(Consulta%20final\).pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6345Elementos%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20la%20Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20(Consulta%20final).pdf) >, (13 de octubre de 2015), p.11.

¹³³ Con base en, *Idem*.

¹³⁴ Con base en, *Ibid*, pp. 11, 12.

¹³⁵ Con base en, *Ibid* p. 12.

¹³⁶ Con base en, *Idem*.

2.11.1 La respuesta internacional frente a la pérdida de los ecosistemas

Existe un consenso internacional por detener y revertir la pérdida de los ecosistemas forestales y el carbono que almacenan, así como para promover importantes beneficios sociales y ambientales. Últimamente, existe mayor interés por desarrollar una iniciativa internacional efectiva para reducir emisiones de GEI, así como para mantener y aumentar los acervos de carbono en los bosques y selvas.¹³⁷

Los costos por mitigar emisiones por degradación, así como también por evitar la deforestación en los países en desarrollo en al menos un 50% (para el año 2030) podría oscilar en por lo menos entre 15 mil y 33 mil millones de dólares anuales. Por lo que se acepta que el hacerlo de manera inmediata es más rentable, sobre todo cuando se contrasta con los enormes costos ambientales y económicos de la inacción.¹³⁸

Con una inversión de 30 mil millones de dólares (entre el año de 2010 y 2050), se espera que haya beneficios globales para evitar deforestación e incrementar la reforestación, así como un retorno de la inversión en el sector forestal de 0.6 millones de dólares para el año de 2050, más allá de los impactos menores que se esperarían por el cambio climático.¹³⁹

2.11.2 Cobertura y tenencia de los ecosistemas forestales en México

Del total del territorio nacional, el cual consta de 196.4 millones de hectáreas, aproximadamente el 70% está cubierto por algún tipo de vegetación (138 millones de hectáreas) y el resto de la superficie corresponde principalmente a zonas con agricultura, ganadería y áreas urbanas (29.7%). Del 70% de la superficie cubierta con algún tipo de vegetación, el 41% corresponde a vegetación de zonas áridas (56.9 millones de has), 24% a bosques templados (33.5 millones de has) y 21.7% a selvas (29.9 millones de has). El resto se conforma por otros tipos de vegetación. Todo lo anterior está enfocado a reducir las emisiones derivadas de la pérdida de cobertura de bosques y selvas.¹⁴⁰

¹³⁷ Con base en, *Ibid*, p. 13.

¹³⁸ Con base en, *Idem*.

¹³⁹ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁰ Con base en, *Ibid*, p. 17.

2.11.3 Tendencias y causas de la dinámica de deforestación y degradación forestal

En lo que respecta a las tasas de deforestación éstas han disminuido a una tasa promedio de 0.24% entre los años 2005 y 2010, esto representa una pérdida neta cercana a 155,000 hectáreas por año.¹⁴¹

En cuanto a las consecuencias debido a la deforestación y la degradación forestal sobresalen los costos relevantes por pérdida de oportunidades económicas, de funcionamiento de los ecosistemas, de biodiversidad y de servicios ambientales. Dichos fenómenos también generan importantes emisiones de gases de efecto invernadero.¹⁴²

Los cambios que se han presentado en el uso del suelo forestal han ocurrido debido a los usos agropecuarios que se le han dado a la tierra, a desarrollos turísticos y desde luego también, debido a usos urbanos e industriales que han expandido la extensión territorial para tal fin, propiciando con ello una mayor rentabilidad. Todo lo anterior se ha visto favorecido en muchos casos, por las deficiencias en las medidas de control imperantes tanto en los gobiernos locales como en el federal y en la coordinación poco efectiva o inexistente entre la legislación y los sectores que convergen en un mismo territorio.¹⁴³

Los cambios de uso de suelo han sido propiciados por formas de crecimiento y producción no sustentable y que al no tomar en cuenta el valor del capital natural, favorecen formas de producción y consumo en detrimento de la vegetación y los bosques. El capital natural o en sí los bienes forestales, tienen un complicado mecanismo de competencia la cual presenta desventaja en los mercados, debido en parte a los altos costos de transacción y la baja productividad.¹⁴⁴

Aunado a lo anterior, las tierras forestales en comunidades donde existe alta marginación y cuya producción es principalmente para el autoconsumo, se convierten en nuevas parcelas para el cultivo ya sea para atender el crecimiento demográfico o para compensar la conversión de agricultura a ganadería, entre otros, lo que genera una deforestación gradual. También se reconoce que la tala ilegal, la recolección excesiva de leña y la ganadería extensiva realizada de manera directa en la vegetación natural, también contribuyen a la deforestación y la degradación forestal de manera paulatina.¹⁴⁵

¹⁴¹ Con base en, *Ibid*, p. 19.

¹⁴² Con base en, *Ibid*, p. 20.

¹⁴³ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁴ Con base en, *Ibid*, p. 21.

¹⁴⁵ Con base en, *Idem*.

De la misma manera, los incendios forestales catastróficos representarán un foco de especial atención, dado que son una fuente de grandes emisiones en periodos cortos que pueden afectar de manera significativa el cumplimiento de las metas sustentables y a su vez constituyen un factor fundamental en la conservación y restauración de los recursos naturales, los servicios ambientales y la biodiversidad.¹⁴⁶

2.11.4 Potencial de mitigación: emisiones de GEI evitadas y captura de carbono

Los bosques y selvas en el territorio nacional, se encuentran entre los primeros 24 del mundo con mayor volumen de existencias de carbono en la biomasa forestal viva. En el año de 2010 los datos arrojaron 2,043 millones de tCO₂e con un promedio de 32 toneladas por hectárea.¹⁴⁷

Se ha identificado un potencial de mitigación del sector forestal mexicano de alrededor de 58 millones de toneladas de Bióxido de Carbono equivalentes (tCO₂e) para el 2020 y de 96 millones de tCO₂e para el 2030. Tales proyecciones indican que el sector USCUS de México podría ser un reservorio neto en 2022, tomando en cuenta que esto es parte de proyectos como:¹⁴⁸

1. Deforestación evitada por conversión de pastizales.
2. Deforestación reducida por conversión de agricultura y quema.
3. Deforestación reducida por conversión de agricultura intensiva.
4. Fortalecimiento de la capacidad gubernamental y social de protección contra incendios y la adopción de prácticas de manejo del fuego que reduzcan los riesgos de incendios catastróficos.
5. Regeneración de ecosistemas forestales dependientes del fuego.
6. Forestación en pastizales.
7. Reforestación en bosques degradados.
8. Restauración de ecosistemas a partir del fomento manejado de la vegetación secundaria.

¹⁴⁶ Con base en, *Ibid*, p. 21.

¹⁴⁷ Con base en, *Ibid*, p. 21.

¹⁴⁸ Con base en, *Ibid*, p. 22.

9. Manejo forestal sustentable.

10. Forestación en tierras de cultivo.

Si bien es cierto que se reconoce tanto el potencial de mitigación de los ecosistemas forestales, como su importancia en la adaptación al cambio climático, y que de hecho se contempla alcanzar la mitigación de 50.7 millones de toneladas de CO₂e, en el corto plazo, aún queda mucho por hacer. Algo positivo es que la mitigación proyectada al 2012 por el sector agricultura, bosques y otros usos de suelo representa 30% del total comprometido equivalente a 15.3 MtCO₂e.¹⁴⁹

2.11.5 Acciones de preparación para bosques y cambio climático

Desde hace algunos años, en México se han venido diseñando una serie de proyectos para fortalecer la capacidad de respuesta ante el cambio climático, a partir de actividades forestales y de desarrollo rural sustentable. Los elementos fundamentales de estas actividades incluyen:¹⁵⁰

1. Gestión territorial mediante la creación de capacidades. Esto se logrará a través del fortalecimiento de la gestión comunitaria, la capacitación y certificación de servicios técnicos, la operación de Agentes Públicos de Desarrollo Territorial y la creación de Agentes de Desarrollo Local.
2. Impulso y consolidación de programas forestales regionales. Esto incluye crear mecanismos para la planeación comunitaria, la integración de programas en el territorio, la implementación de cadenas productivas y el fortalecimiento institucional.
3. Diseño de nuevos instrumentos financieros, y la conformación de una difusión integrada o compartida con otros sectores.
4. Gestión participativa mediante la creación de espacios para el diseño y evaluación participativa de planes territoriales.
5. Las anteriores actividades también involucran el documentar, difundir e incorporar las lecciones aprendidas.

¹⁴⁹ Con base en, *Ibid*, p. 22.

¹⁵⁰ Con base en, *Ibid*, pp. 36, 37.

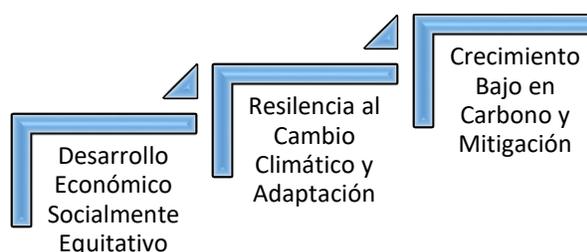
6. Monitoreo y Evaluación, con acciones encaminadas a desarrollar un sistema de monitoreo ambiental multi-escala y mecanismos para la evaluación de políticas.

2.12 Modelo frente al cambio climático en México

En México se ha adoptado la meta, bajo el principio de responsabilidades comunes referente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en 30% para el año de 2020 respecto a la línea base tendencial de las emisiones, sujeto al apoyo internacional tanto financiero como tecnológico. Por lo que se asume también la corresponsabilidad en la atención de las causas del cambio climático global y se busca minimizar sus efectos adversos en el futuro, fomentado de ésta manera el desarrollo sustentable del país.¹⁵¹

Para asegurar el crecimiento económico con base en un desarrollo más sustentable y con la mejora en las condiciones de vida de su población, en el país se presenta el siguiente modelo:

Figura 2.1 Crecimiento Verde Incluyente



Fuente: Elaboración propia, con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, *Bases para una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones en México, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*, México, 2012, <<http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-ec-02-2012.pdf>>, (22 de noviembre de 2015), p. 21.

El modelo anterior, busca el progreso económico sin la dependencia de los combustibles fósiles y con base en el mismo se busca invertir, en el medio ambiente como impulsor del crecimiento. Pretende lograr la estabilidad económica mediante mejoras en productividad, innovación y desarrollo de nuevos mercados. Abarca iniciativas dedicadas a promover el desarrollo económico y la equidad social, que conserven o incrementen el capital natural.

¹⁵¹ Con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, *Bases para una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones en México, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*, México, 2012, <<http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-ec-02-2012.pdf>>, (22 de noviembre de 2015), p.7.

Adicionalmente éste modelo, formula un manejo integral del capital natural y físico que fortalezca las interacciones positivas entre sí.¹⁵²

Para el país, ésta visión de crecimiento verde contempla oportunidades tangibles, como las siguientes:¹⁵³

1. Creación y desarrollo de productos y servicios verdes, previo desarrollo de industrias y creación de modelos de negocio que los sostengan.
2. Transformación de las cadenas de valor tradicionales en cadenas de valor verdes.
3. Provisión de una plataforma para la actividad económica y la generación de empleos que sea relevante y resistente al cambio climático.
4. Mayor productividad y asignación de valor en los recursos naturales, adoptando un enfoque sustentable en el uso y conservación de los mismos.
5. Desarrollo de la innovación, y de tecnología propia y local, así como adopción de tecnologías probadas de otros lugares.

2.13 Vulnerabilidad en México

En México, existe una vulnerabilidad muy marcada a los efectos del cambio climático, muy latentes en eventos hidrometeorológicos de mayor intensidad y frecuencia, cambios en los patrones de precipitación pluvial (que ocasionan sequías e inundaciones), desertificación y mayor incidencia de incendios forestales. Todo esto con impactos en la salud y diversos sectores económicos. A continuación se presentan tan solo algunos ejemplos recientes que ilustran la gravedad de este problema:¹⁵⁴

1. En los primeros meses del año 2011, el 40 % del territorio mexicano padeció la peor sequía de las últimas siete décadas. Ello ocasionó una pérdida de cosechas cercana a seis millones de toneladas.
2. Durante el año de 2010, México experimentó los más altos índices de precipitación en algunas regiones, y para el año 2011 las tormentas severas no

¹⁵² Con base en, *Ibid*, p. 21.

¹⁵³ Con base en, *Ibid*, p. 22.

¹⁵⁴ Con base en, *Ibid*, p. 23.

se hicieron esperar, provocando inundaciones en al menos doce estados (Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán).

3. También en el año 2010, 702 municipios de 17 estados sufrieron daños por causa de desastres naturales. Así mismo, la temporada de huracanes de 2011 fue la más severa jamás registrada, con un costo estimado de 0.59% del producto interno bruto (PIB) nacional.

Así que el costo de actuar ahora y de reducir las emisiones en México, junto con el resto del mundo tiene resultados positivos en el crecimiento económico nacional, en el desarrollo social (por la creación de empleos) y en la equidad (por la redistribución de la riqueza), además de presentar beneficios (adicionales a los beneficios globales) en salud, bienestar y productividad.¹⁵⁵

Existen dos conclusiones importantes a tomar en cuenta aun cuando el cambio climático no fuera un tema preponderante: 1) en casos de gran incertidumbre, realizar acciones para minimizar el riesgo de sufrir pérdidas catastróficas es la mejor decisión económica, aun y cuando dichas acciones tengan un costo asociado; 2) en un mundo con recursos finitos, crecimiento demográfico y la necesidad de mejorar las condiciones de vida, actuar en respuesta a señales de escasez es una decisión económica óptima.¹⁵⁶

En cuanto a lo que se refiere a las necesidades de adaptación, las estrategias de reducción de emisiones y el desarrollo bajo en carbono están enfocados en mitigar el cambio climático; no obstante, éstas no eliminan ni reducen el costo de las medidas necesarias de adaptación al mismo. Por lo que se debe implementar paralelamente una estrategia de adaptación al cambio climático, enfocada en buscar un desarrollo que mitigue los impactos frente al cambio climático y en la que se identifique y reduzca la vulnerabilidad social, económica y ambiental.¹⁵⁷

Las emisiones mundiales oscilan entre los 48,000 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) al año. De ahí que la importancia radica, en que para lograr el calentamiento máximo de 2 °C, será necesario que las emisiones alcancen su nivel máximo antes del año 2020, y que de ahí disminuyan hasta aproximadamente 44,000 MtCO₂e. Con base en los compromisos y los proyectos establecidos por los diversos países, en el año 2020, el nivel de emisiones será de alrededor de 49,000 MtCO₂e, lo que excede el objetivo planteado por más de 10%. Y en la Convención de Cancún se estudió

¹⁵⁵ Con base en, *Ibid*, p. 23.

¹⁵⁶ Con base en, *Ibid*, p. 24.

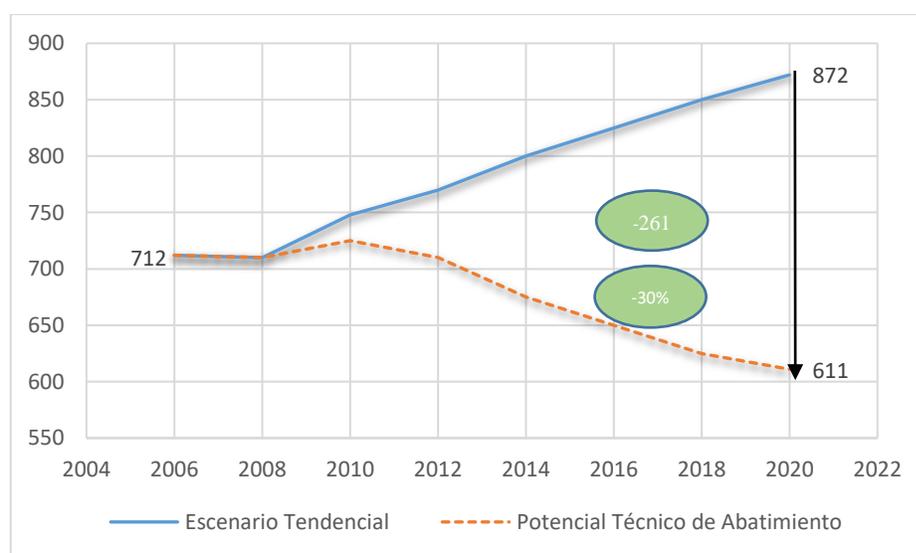
¹⁵⁷ Con base en, *Idem*.

la posibilidad para implementar acciones adicionales para abatir la diferencia de 5,000 MtCO₂e (equivalentes a más de seis veces las emisiones actuales de México) proyectada para el 2020.¹⁵⁸

2.14 Compromiso de abatimiento

En lo que respecta a México, el gobierno ha asumido de manera voluntaria, bajo el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y capacidades respectivas, con base en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la meta de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 30% para el año 2020 respecto a la línea base de las emisiones, sujeto al apoyo internacional tanto financiero como tecnológico. El compromiso se adoptó durante las negociaciones que tuvieron lugar a fines de 2010, y fue ratificado y convertido en una obligación con la publicación de la Ley General de Cambio Climático, en junio de 2012 (Gráfica 2.13).¹⁵⁹

Gráfica 2.13 Compromiso de abatimiento, MtCO₂e por año.



Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, *Bases para una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones en México, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 2012, <<http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-ec-02-2012.pdf>>, (22 de noviembre de 2015), p. 30.*

¹⁵⁸ Con base en, Kornelis Block, William Here, Niklas Hohne, *et, al, Bridgin the Emisions Gap, A UNEP Synthesis Report*, Nairobi, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2011, p. 15, y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *op. cit.* p. 24.

¹⁵⁹ Con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *op. cit.* p. 29.

2.14.1 Convención Marco de las Naciones Unidas y Acuerdos de Cancún

Como ya se indicó, en diciembre de 2010, la comunidad internacional adoptó los Acuerdos de Cancún como medio para fortalecer el régimen de cambio climático con base en los cinco ejes identificados por el Plan de Acción de Bali: visión de largo plazo, mitigación, adaptación, financiamiento y tecnología.¹⁶⁰

En cada una de las áreas mencionadas en el párrafo anterior, se ofrece oportunidades concretas de cooperación que facilitarán a los países en desarrollo, el acceso a tecnología verde, construcción de capacidades y apoyo financiero para políticas y proyectos de adaptación y mitigación, con el objetivo de lograr un crecimiento bajo en carbono.¹⁶¹

Con base en las adopciones que hicieron los gobiernos presentes, en las Conferencias de Cancún, se logró la adopción de una meta global a fin de que la temperatura media global no exceda los 2°C. Además de tener en consideración que esa meta puede llevar a situaciones extremas a varios países.¹⁶²

En conjunto, tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados se han anunciado algunas metas de reducción de emisiones, que si bien representan esfuerzos por todos los países involucrados, éste esfuerzo es todavía mayor en los países en desarrollo. Tal esfuerzo colectivo ha sido de naturaleza voluntaria y participativa y para llevarlo a cabo, se requiere de apoyo financiero y tecnológico. Éste involucramiento contra el cambio climático, en la mayoría de los países, ha sido un parteaguas en el régimen climático.¹⁶³

También en la cumbre de Cancún se aprobó la integración de una sólida arquitectura institucional en apoyo al mundo en desarrollo, a través del establecimiento de un Mecanismo de REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal), un Mecanismo de Adaptación y un Mecanismo de Tecnología.¹⁶⁴

Parte de los acuerdos consistieron en el apoyo financiero de 30 mil millones de dólares por parte de los países desarrollados a los países más vulnerables.¹⁶⁵

Además, con el establecimiento del Fondo Verde Climático se brindará apoyo financiero hasta por 100 mil millones de dólares cada año desde el año 2020, a fin de

¹⁶⁰ Con base en, *Ibid*, p. 29.

¹⁶¹ Con base en, *Idem*.

¹⁶² Con base en, *Ibid*, p. 30.

¹⁶³ Con base en, *Idem*.

¹⁶⁴ Con base en, *Idem*.

¹⁶⁵ Con base en, *Idem*.

consolidar los esfuerzos de los países en desarrollo para emprender acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.¹⁶⁶

2.15 Acciones de mitigación en México

A lo largo de los años, México ha tenido una participación relativamente pequeña en las emisiones globales de GEI. Sin embargo, debido a su crecimiento poblacional y económico, en las últimas décadas ha incrementado sus emisiones anuales a un ritmo mayor que el de la mayoría de los países de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).¹⁶⁷

México ocupa el quinceavo lugar entre los países emisores de gases de efecto invernadero, contribuye con el equivalente a 748 MtCO₂e registradas en el año 2010. Esto equivale a cerca del 1.5 % de las emisiones anuales mundiales. México también, participa con el 1.5% de la población mundial, y se sitúa dentro del promedio de las emisiones globales per cápita (6.54 tCO₂e por habitante). Las emisiones per cápita, en éste país, son de alrededor de 6.50 tCO₂e.¹⁶⁸

En vista del nivel de emisiones que se registra en México, las acciones de mitigación que se emprendan serán de suma importancia para detener el calentamiento global, pero únicamente serán significativas si en conjunto con las de otros países, se actúa de manera equiparable, en particular si se suman las de los grandes emisores.¹⁶⁹

2.15.1 Línea base de emisiones, escenario de referencia

En la gráfica 2.14 se puede apreciar la línea que marca la tendencia de las emisiones de GEI, sin la intervención de acciones de mitigación. Ésta línea base se construye con los datos del Inventario Nacional de Emisiones de GEI (INEGEI) y de las Prospectivas.¹⁷⁰

¹⁶⁶ Con base en, *Ibid*, pp. 30, 31.

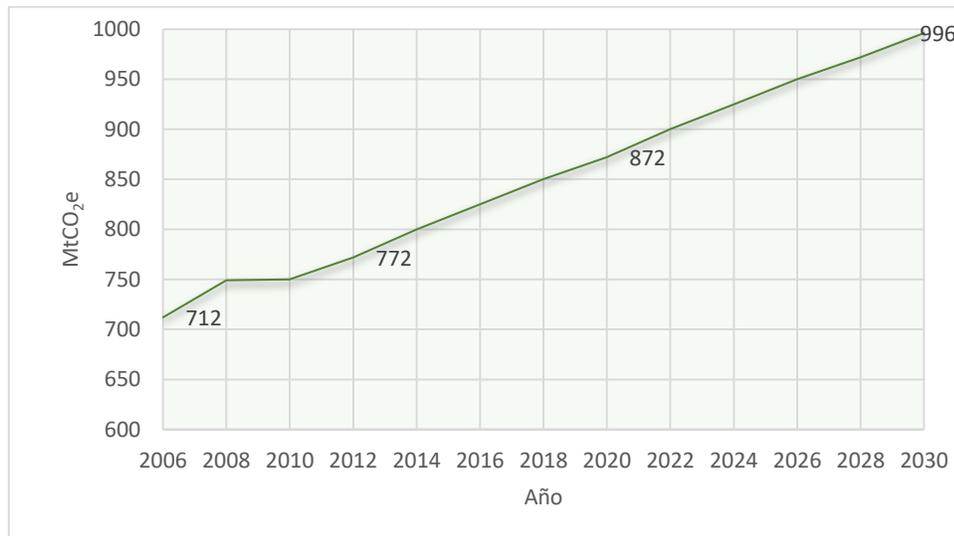
¹⁶⁷ Con base en, *Ibid*, p. 31.

¹⁶⁸ Con base en, *Idem*.

¹⁶⁹ Con base en, *Ibid*, p. 37.

¹⁷⁰ Con base en, *Idem*.

Gráfica 2.14 Línea base de emisiones de GEI



Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, *Bases para una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones en México, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 2012, < <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-ec-02-2012.pdf> >, (22 de noviembre de 2015), p. 37.*

Dentro de un marco de mitigación de gases de efecto invernadero para el año 2020 se estima un crecimiento promedio anual del PIB de 2.3 %. ¹⁷¹

La proyección de GEI es una herramienta indispensable para el diseño de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, que regula la Ley General del Cambio Climático (LGCC), y sirve como referencia para establecer compromisos y acuerdos de mitigación que el país puede asumir ante otros países. ¹⁷²

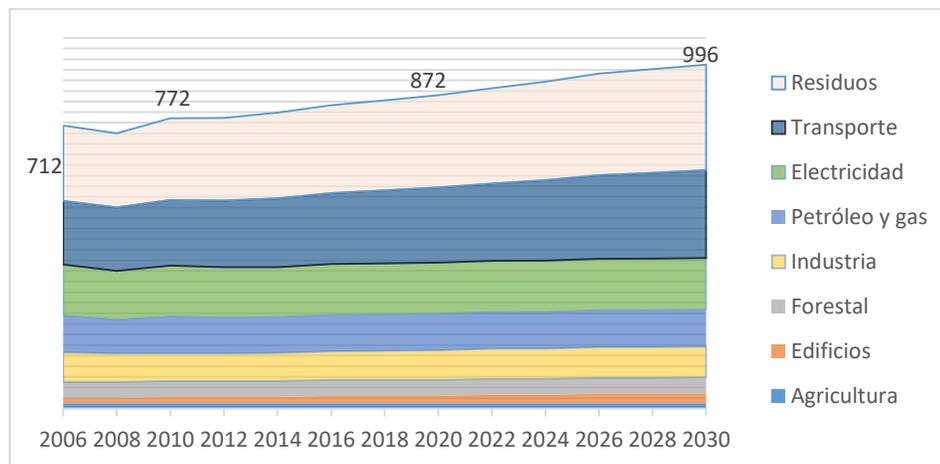
En la gráfica 2.15 se observa que, con base en la línea base, las emisiones de GEI de México alcanzarían 872 MtCO₂e en 2020 y 996 MtCO₂e en 2030 sin realizar acciones de mitigación. ¹⁷³

¹⁷¹ Con base en, *Idem*.

¹⁷² Con base en, *Ibid*, p. 38.

¹⁷³ Con base en, *Idem*.

Gráfica 2.15 Línea base de emisiones de GEI por sector



Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, *Bases para una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones en México, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 2012, < <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-ec-02-2012.pdf> >, (22 de noviembre de 2015), p. 38.*

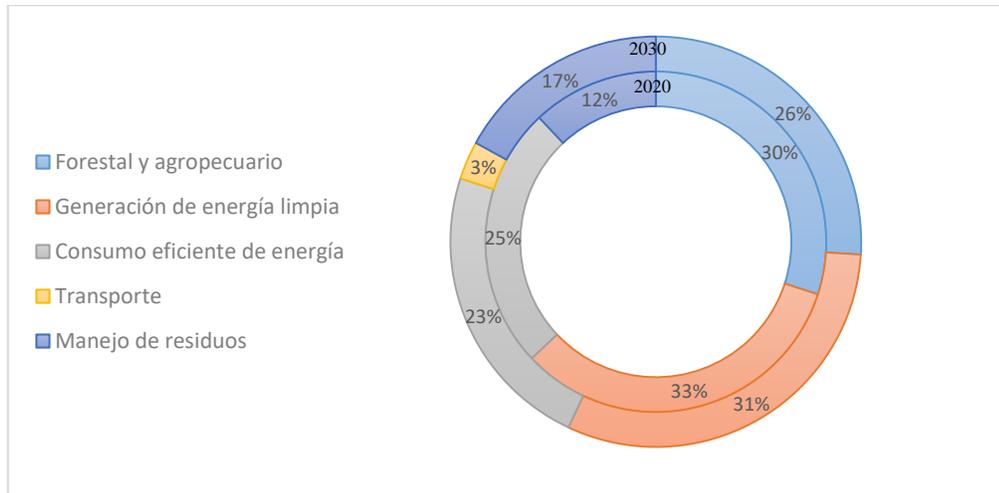
La línea base, sirve también, para mostrar la evolución de variables económicas tales como: el precio de los combustibles fósiles, crecimiento demográfico y tasa de crecimiento de la economía.

2.15.2 Potencial de abatimiento

Una vez determinado la tendencia que guardan la evolución de los GEI, como se mostró en las gráficas anteriores y con base en una evaluación del potencial teórico de abatimiento al 2020 y al 2030 se obtuvo, que para el año 2020, el potencial identificado es de 261 MtCO₂e. Si se logra ésta meta, representaría una reducción de 30% con respecto a la línea base de las emisiones de GEI del escenario tendencial. Y para el año de 2030, el potencial de abatimiento registra una reducción en 523 MtCO₂e, que correspondería a una reducción de 53% de las emisiones con respecto al escenario base.¹⁷⁴

¹⁷⁴ Con base en, *Ibid*, p. 39.

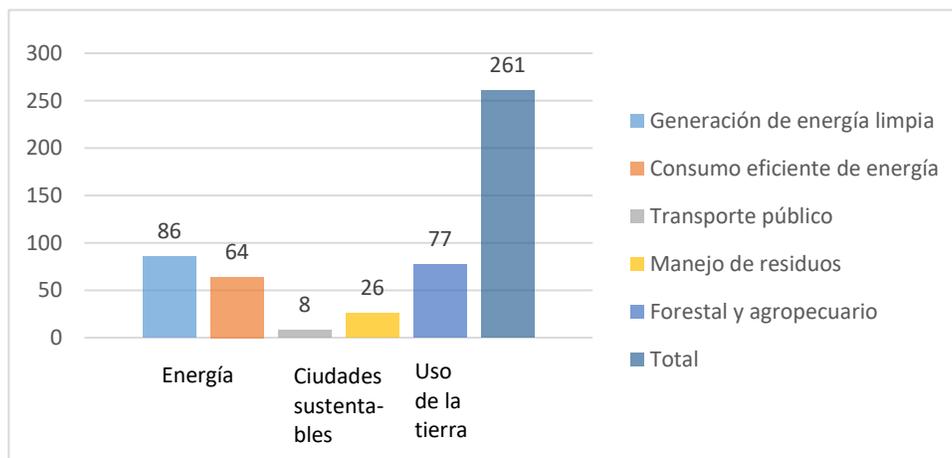
Gráfica 2.16 Participación de cada eje temático en el potencial teórico de abatimiento en México



Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, *Bases para una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones en México, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 2012,* < <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-ec-02-2012.pdf> >, (22 de noviembre de 2015), p. 39.

Existen más de 130 iniciativas de mitigación y han sido agrupadas en tres grandes áreas (o ejes rectores): energía, ciudades sustentables y uso de la tierra. La gráfica 2.17 muestra el potencial de abatimiento, en México, para el año 2020 para cada uno de estos ejes, en millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO_{2e}).¹⁷⁵

Gráfica 2.17 Potencial de abatimiento en México (MTCO_{2e})



Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, *Bases para una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones en México, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 2012,* < <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-ec-02-2012.pdf> >, (22 de noviembre de 2015), p. 40.

¹⁷⁵ Con base en, *Ibid*, p. 39.

2.15.3 Compromisos de mitigación de México:

Entre las metas más destacadas que se encuentran en la Ley General de Cambio Climático (LGCC), se encuentran las siguientes:¹⁷⁶

1. Reducir en 30% las emisiones de CO₂e al año 2020 respecto a las emisiones tendenciales; esto implica reducir 288 MtCO₂e entre 2013 y 2020.
2. Reducir en 50% las emisiones de CO₂e al año 2050 respecto a las emisiones del año 2000.
3. La Secretaría de Energía (SENER) en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) promoverán que la generación eléctrica proveniente de fuentes limpias alcance por lo menos un 35% para el año 2024.

Las metas planteadas de participación en energías limpias para la generación de electricidad, en México son las siguientes:¹⁷⁷

1. 25% para el 2018.
2. 30% para el 2021.
3. 35% para el 2024.
4. 45% para el 2036.
5. 60% para el 2050.

De acuerdo con en el Inventario Nacional de Emisiones, el sector residuos será el cuarto emisor de GEI en 2020 y las principales fuentes de emisión son: rellenos sanitarios, sitios controlados, tratamiento de aguas residuales y quema a cielo abierto de residuos.¹⁷⁸

El incremento esperado en las emisiones, provendrá del crecimiento poblacional y del aumento de la generación de residuos sólidos urbanos como resultado del incremento del poder adquisitivo y la urbanización.

¹⁷⁶ Con base en, Adrián Fernández Bremauntz, *La reforma energética y la gestión de los residuos ante los compromisos internacionales de México*, México, [s.a], Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental, <<http://docplayer.es/15000518-La-reforma-energetica-y-la-gestion-de-los-residuos-ante-los-compromisos-internacionales-de-mexico.html>> (25 de octubre de 2015), p. 10.

¹⁷⁷ Con base en, *Ibid*, p. 11.

¹⁷⁸ Con base en, *Ibid*, p. 14.

2.15.4 Potencial de aprovechamiento de los residuos en México

Existe un gran potencial de aprovechamiento energético de la basura en México, diariamente se generan 100 mil toneladas (cerca de 1kg/hab/día) de las cuales, aproximadamente se distribuye como sigue: ¹⁷⁹

1. 58.1 % rellenos sanitarios
2. 9.4 % sitios controlados
3. 32.5% tiraderos de cielo abierto
4. Estimado del potencial energético de la basura en el país.
5. Por cada ton de basura en un relleno sanitario se pueden generar de 150 a 175 kWh
6. Por cada tonelada de basura incinerada se puede generar 550kWh

El aumento de los residuos que se generan se debe a los patrones actuales de crecimiento urbano y consumo, por lo que es necesario señalar lo importante que reviste el correcto manejo de los residuos con base en estrategias adaptadas a las características de los residuos locales, y a la correcta valorización de los desechos, aunado a la creación y gestión de un sistema de manejo de residuos la cual puede resultar costoso. ¹⁸⁰

México tiene un potencial importante de aprovechamiento energético de los residuos lo que puede traer como consecuencia el hecho de evitar la emisión de GEI en varios sectores y traer importantes beneficios ambientales, económicos y de seguridad energética.

¹⁷⁹ Con base en, *Ibid*, p. 15.

¹⁸⁰ Con base en, *Ibid*, p. 16.

Capítulo 3 El Sector Energético Mundial

Energías no renovables

Al hablar del sector energético mundial, es preciso identificar la utilidad que revisten los hidrocarburos para producir la energía y con ello generar movimiento, que a su vez se traduce en producción de bienes y servicios demandados por la sociedad con necesidades cada vez mayores. Considerando entonces, la importancia que reviste la energía, se iniciará el presente capítulo abordando los temas de la generación de ésta, así como del petróleo, gas, carbón y desde luego también, la energía nuclear. Se incluirán estadísticas de producción, comercialización, reservas, etc., de cada una de ellas, para profundizar en el análisis y de ésta forma proporcionar respuestas a las preguntas iniciales planteadas en el capítulo 1 del protocolo de investigación.

Dada la complejidad que presenta la administración de los bienes escasos para una cada vez mayor demandante sociedad, hoy, los líderes de las diferentes regiones económicas del mundo deben considerar aspectos como: recursos, reservas, tecnologías, infraestructura, comercio e inversión, financiamiento, leyes, regulaciones, ecología, empleo, seguridad, todo ello junto con el tema de la energía,¹ razón por la cual se precisarán algunos conceptos que tienen que ver con este concepto.

3.1 La Energía

En todo lo que nos rodea se puede observar que está implícita de manera importante la energía. Los ecosistemas, las plantas, las máquinas, y en general las actividades que se desarrollan en este planeta, funcionan gracias a la energía y ésta transmite la idea de capacidad para realizar el trabajo, ya sea en movimiento, fuerza, cambios o transformaciones.²

La energía puede manifestarse en diferentes maneras: en forma de movimiento (cinética), de posición (potencial), de calor, de electricidad, de radiaciones electromagnéticas, etc.

Así mismo, la energía proviene de diferentes fuentes como son:

- Térmicas (calor)

¹ Con base en, Mario Rodríguez Montero, (coord.), *Perfil Energético de América del Norte*, México, Secretaría de Energía, 2002, p. 7.

² Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Whashington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home>, (06 agosto 2012) [s.p.].

- De luz (radiante)
- Movimiento (cinética)
- Electricidad
- Química
- Nuclear
- Gravitacional

Desde el comienzo de la historia humana, la energía siempre ha sido un factor determinante en el progreso y desarrollo de las civilizaciones. Desde que los humanos comenzaron a utilizar el fuego para calentar los alimentos o para su comodidad, hasta la invención de la locomotora, el automóvil, el avión o la computadora, la energía ha estado implícita en la evolución de las sociedades.

El impacto económico del suministro y comercio de energía, y todas las actividades geopolíticas, que están implícitas, son asuntos de gran importancia para las naciones. Las guerras modernas se han peleado por el control y seguridad de la energía y muchos acuerdos y tratados internacionales han estado soportados por el suministro y control de ésta.

En vista de la importancia de lo antes mencionado, es necesario analizar el sector energético mundial, por zonas geográficas, para conocer a fondo las reservas, suministro, producción, exportación de las energías no renovables. Así mismo, se hará una descripción genérica, del origen, tipos y características de los hidrocarburos: petróleo, gas natural y carbón, en cuanto a sus, características, composición, producción, consumo y comercialización. También se analizará la energía nuclear, así como, la energía proveniente del hidrógeno y al final de éste capítulo se profundizará a detalle la situación de México.

Cabe señalar que las energías no renovables son aquellas en las que no se puede reproducir o recrear por lo menos en un corto tiempo y son recursos limitados y cabe señalar que la mayor parte de energía que se utiliza en los diferentes sectores de la sociedad, proviene de ésta fuente como son los combustibles fósiles.³ Tanto las energías no renovables como las renovables, se pueden emplear para producir fuentes secundarias de energía como la electricidad y el hidrógeno.

³ Se llaman fósiles a plantas y restos de animales que se formaron hace millones de años por la acción del calor del núcleo de la Tierra y la presión de las rocas, de los cuales provienen los combustibles, con base en, Michael Common y Sigrid Stagal, *Introducción a la Economía Ecológica*, Barcelona, Reverté, 2008, p. 82.

3.2 Unidades de medida de la energía

Un aspecto importante de la energía, son sus unidades de medida. En la tabla siguiente se puede notar los diferentes tipos de fuentes de energía más usados y sus respectivas unidades de medida: ⁴

Tabla 3.1 Unidades de medida de la energía

Tipo de energía	Unidades de Medida
Petróleo	Barriles o galones de petróleo
Gas Natural	Pies cúbicos
Carbón	Toneladas de carbón
Electricidad	Kilovatios Hora

Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Whashington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home>, (06 agosto 2012) [s.p.].

La medida de energía térmica utilizada en Estados Unidos y Reino Unido es el BTU (Unidad Térmica Británica –siglas en Inglés–) y se utiliza para la comparación de los combustibles. En México se utiliza el joule (1 J) con base en el Sistema Internacional de Medidas. ⁵

Algunas unidades populares para la comparación de la energía incluyen unidades térmicas británicas (Btu), barriles de petróleo equivalente, toneladas equivalentes de petróleo, toneladas métricas equivalente de carbón, y terajulios. A continuación se describe la equivalencia entre la fuente de energía y las unidades Btu. ⁶

Tabla 3.2 Equivalencia en unidades Btu por tipo de fuente

Fuente de Energía	Equivalencia en unidades Btu
1 barril (42 galones) de petróleo crudo	5,800,000 Btu

⁴ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, [s.p.].

⁵ Héctor Nava, Félix Pezet, e Ignacio Hernandez, *El Sistema Internacional de Unidades (SI)*, Publicación Técnica, Querétaro, Centro Nacional de Metrología, 2001. <<http://rmcg.geociencias.unam.mx/LGM/Unidades-CENAM.pdf>> (14 de septiembre de 2012). p. 86.

⁶ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *op.cit.*, [s.p.].

Un galón de gasolina	124,238 Btu (basado en el consumo de EE.UU., 2009)
Un galón de combustible diesel	138,690 Btu
1 galón de combustible para calefacción	138,690 Btu
Un barril de petróleo combustible residual	6,287 Btu
1 pie cúbico de gas natural	1, 027 Btu (basado en el consumo de EE.UU., 2009)
1 galón de gas propano Btu	91, 333
1 tonelada corta de carbón Btu	19, 953 millones (basado en el consumo de EE.UU., 2009)
1 kilovatio-hora de electricidad	3,412 Btu

Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Whashington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home>, (06 agosto 2012) [s.p.].

3.3 El origen de los hidrocarburos⁷

Los hidrocarburos, se encuentran alojados en el fondo de la tierra de la Tierra, a varios kilómetros de profundidad, cuya transformación se ha logrado a partir de restos de organismos y seres que vivieron hace millones de años en el planeta. La energía que contienen, ha sido el motor que genera trabajo y movimiento por más de un siglo.

La materia orgánica fósil que está depositada en los sedimentos y en las rocas, es la antecesora de los hidrocarburos, es decir, que éstos se originan a partir de la materia orgánica que ha sido transformada durante millones de años, como resultado de las altas presiones y el aumento de

⁷ Éste apartado ha sido elaborado con base en, Salvador Ortuño Arzate, *El mundo del petróleo, origen usos y escenarios*, México, Fondo de Cultura Económica, 2009, p. p. 23-27; Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Washington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home> (06 agosto 2012) [s.p.], Revista Presupuesto y Construcción, *Los Hidrocarburos y el gas natural en Bolivia*, Año 23, Núm. 53, Abril-Julio 2012, <<http://revistapyc.com/Articulos/Grupo53/ART-53-E.pdf>>, (19 de mayo de 2015), pp. 58-61.

temperatura que ocurren cuando los sedimentos son sepultados y transformados mineralmente en el interior de las capas de la corteza terrestre.

La materia orgánica que se encuentra alojada en los sedimentos está constituida por todos aquellos materiales que proceden de los organismos vivos, como son plantas y animales, que han vivido en las épocas geológicas pasadas. Éstos seres vivos cuando mueren, en la parte de la Tierra que constituye la biósfera,⁸ son acarreados hacia las cuencas sedimentarias marinas donde se depositan o son paulatinamente desintegrados o transformados.

Normalmente, los sedimentos que se depositan en medios acuáticos y que reúnen condiciones ambientales especiales para la conservación de restos orgánicos contendrán, al final, ciertas cantidades de materia orgánica preservada.

Para que tenga lugar la concentración y conservación de la materia orgánica en los sedimentos, se requieren condiciones óptimas como la falta de acceso al oxígeno, y así de ésta manera, existirá el ambiente apropiado para la conservación inicial de la materia orgánica acumulada. Ésta materia, formada en los sedimentos, será la antecesora de los hidrocarburos.

La transformación se logra en las condiciones donde existe poco o nulo oxígeno, y se produce en las plataformas continentales y en áreas de aguas tranquilas, como las lagunas, y cuencas profundas donde circula el agua.

Los componentes de la materia orgánica como la lignina, carbohidratos, proteínas y lípidos, son transformados en productos como kerógeno, hidrocarburos, y, finalmente en residuos de carbón. La degradación térmica es un proceso determinante en la transformación y evolución de los materiales orgánicos.

3.4 Etapas en la formación de los hidrocarburos⁹

Después de ser sepultados o atrapados, los restos orgánicos en los sedimentos, pasan por diferentes etapas de evolución, condicionadas por la temperatura y la presión; éstas etapas sucesivas son las siguientes:

a) Diagénesis

Una vez que la materia se aloja en los sedimentos inicia el proceso de transformación dando lugar a un compuesto orgánico llamado Kerógeno en el cual se desprende

⁸ La Biósfera es la capa de la Tierra en la cual se desarrolla la vida, con base en, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, *Biodiversidad*, México, Biodiversidad Mexicana, [s.a], <<http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/quees.html>>, (02 de noviembre de 2012). [s.p.].

⁹ Éste apartado ha sido elaborado con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 27-36, y Marcelo Madrid, *Origen de los Hidrocarburos*, México, Portal del Petróleo, 2011, < <http://www.portaldelpetroleo.com/2011/08/origen-de-los-hidrocarburos.html>>, (16 de mayo de 2015), [s.p.].

bióxido de carbono, agua y algunos compuestos pesados de nitrógeno, azufre y oxígeno. En ésta fase todavía no se ha producido el proceso de generación y expulsión de los hidrocarburos de la roca generadora.

b) Catagénesis

En ésta etapa, nuevos restos orgánicos son depositados cubriendo así, a los que fueron alojados en un principio, aunado a una alta temperatura en la cual el kerógeno es responsable de la mayor parte de los hidrocarburos, es decir, del petróleo y gas. Aquí es donde se forman petróleos crudos o aceites y luego, sucesivamente el gas. Ésta es la etapa principal de formación de aceite o hidrocarburos líquidos y también la etapa primordial de la formación de gas húmedo.

c) Metagénesis

En ésta fase se produce la transformación orgánica y mineral y ocurre cuando los materiales orgánicos y sedimentarios son sepultados a gran profundidad.

3.5 Características y propiedades de los hidrocarburos, composición y familias de los hidrocarburos¹⁰

De acuerdo a su composición química, los hidrocarburos se constituyen, en términos generales, por átomos de carbono y de hidrógeno. La proporción varía de 83 a 87% de carbono y de 11 a 16% de hidrógeno, también otro de los componentes importantes del petróleo es el azufre, que puede alcanzar hasta 4% o más.

Por sus manifestaciones y aspectos físicos, los hidrocarburos naturales integran las familias siguientes:

- El gas natural
- Los aceites y los productos líquidos
- Las arenas asfálticas, los esquistos bituminosos y los hidratos o productos sólidos

¹⁰ Éste apartado ha sido elaborado con base en, Secretaría de Economía, *Características del Petróleo*, México, Servicio Geológico Mexicano, 2014, <<http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/petroleo/caracteristicaspetro>>, (20 de mayo de 2015), [s.p.], y Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.* p. 39.

3.6 Cuencas sedimentarias en el mundo¹¹

Las grandes cuencas sedimentarias del planeta se ubican junto a las grandes masas estructurales o sistemas montañosos y en partes de corteza terrestre muy antiguos que forman el núcleo de algunos continentes de edad precámbrica. Las cuencas sedimentarias más importantes en el mundo, por su extensión y significado geológico, son las siguientes:

a) Cuencas sedimentarias paleozoicas

En América del Norte:

- Michigan, de Illinois, Williston
- Oeste de Canadá.
- Las Rocallosas y los Apalaches.
- En la región de Alaska se encuentran las cuencas del Archipiélago Ártico

En Europa destacan

- Las cuencas carboníferas y pérmicas del centro de Europa y del Mar del Norte
- En Rusia las regiones de Tunguska, Vilyuy, Angara-Lena, Tomsk

b) Cuencas sedimentarias mesozoicas

Las cuencas de esta edad geológica son las más numerosas. Pueden mencionarse las cuencas de México:

- Tampico-Misantla, de Reforma,
- Comalcalco
- La gran cuenca sedimentaria del Golfo de México donde se ubican los campos del Complejo Cantarell.

¹¹ Con base en, Luis A. Spalletti, *Nociones sobre las Cuencas Sedimentarias en el Mundo*, Geofísica, UNAM, México, 2006, <<http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/65bcuencasSed.pdf>>, (17 de mayo de 2015), pp. 1-54, y Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 64-70.

En América del Norte:

- Las cuencas de Alberta, las Rocallosas, la Costa del golfo en los Estados Unidos, desde Texas hasta Nueva Orleans y la Florida.

En América del Sur:

- Las cuencas Sub-andinas
- Las cuencas del Orinoco (Venezuela)

Estas cuencas han producido importantes cantidades de petróleo crudo pesado y ultra-pesado.

En la región de Europa

- Francia (los Cárpatos y el Cáucaso)

Asia Central,

- Cuencas continentales en el territorio interior de China y en el Oriente Medio.

Océano Atlántico

- Las cuencas sedimentarias del oriente de Brasil y la costa oriental de África ecuatorial, del delta del Río Níger, la fosa de Benué, el Chad.

África

- En la región africana también la cuenca Sirte en Libia, el Mar Rojo y el Golfo de Suez en la transición hacia la península arábiga.

Australia

- Destacan las cuencas Carnarvon y Gippsland.

c) Cuencas sedimentarias cenozoicas

Entre las cuencas de esta edad geológica existen:

En el Pacífico

- Las cuencas de Indonesia y Malasia
- Las cuencas venezolanas han sido productoras importantes de petróleo

En Europa

- Las cuencas de Viena, del Rin, la del valle del río Po, de París etc.

En el Golfo de México,

- Se destacan las cuencas cenozoicas de Burgos, Veracruz y Macuspana, las cuales bordean la costa oriental de México.

Por otro lado desde el punto de vista geográfico y petrolero se pueden distinguir las siguientes importantes provincias petroleras mundiales:

1. El Oriente Medio, que comprende los campos productores de Irak, Irán, Kuwait, los Emiratos Árabes Unidos, Qatar, Arabia Saudita y Omán.

Algunas de las características geológicas y petroleras de los yacimientos y campos de Oriente Medio son:

- La calidad y variedad de los yacimientos consiste en características excelentes de porosidad y permeabilidad, y se ubican en contextos geológicos de plataformas y con altas densidades de fracturación de las rocas almacén.

- La eficacia y extensión de las rocas sello, que generalmente están constituidas por rocas evaporíticas, es decir, constituidas de sal y/o minerales afines.
 - La productividad de las rocas generadoras de hidrocarburos es muy alta. En general, la distribución regional de las rocas generadoras, abarca amplias extensiones horizontales, por lo que los sistemas petroleros existentes son muy prolíficos y poseen grandes dimensiones geográficas.
2. En América, donde las principales provincias petroleras se encuentran desde el norte del continente, en Alaska y Canadá, los Estados Unidos y México, hasta Venezuela y Brasil. En éste continente, destacan las provincias petroleras del oeste de Canadá, principalmente Alberta, la Columbia Británica y Saskatchewan. Así mismo, la provincia de la plataforma canadiense, las Rocallosas (extendiéndose desde Canadá a los Estados Unidos) y el interior continental de Norteamérica y las provincias californianas.

Las provincias del Golfo de México son muy importantes comprendiendo desde la parte norte de los campos del sur de Texas y de la Louisiana hasta los de la porción sur pertenecientes a México, las cuencas de Burgos, Tampico-Misantla, la Faja de Oro, Veracruz, las cuencas del sureste mexicano (Reforma y Comalcalco) y la provincia marina de Campeche, donde se localiza el campo súper-gigante de Cantarell.

En América del sur destacan las provincias de Venezuela y Brasil. De la primera se pueden mencionar las provincias del Orinoco, Trinidad, y Maracaibo; sus rocas generadoras son marinas. En Brasil son actualmente importantes las cuencas del este, como Campos (Río de Janeiro), Espíritu Santo y Reconcavo.

3. En África, se destacan países como, Angola, Nigeria, Libia y el Mar Rojo. Destacan como provincias importantes la sahariana –que incluye la franja de cuencas de Argelia, Libia y Egipto–, la de la delta del río Níger y las Áreas marinas del Atlántico en Angola.
4. Las provincias de la Federación Rusa, las cuales presentan una gran cantidad y extensión de cuencas sedimentarias y de riqueza petrolera excepcional. En ésta región se distinguen: la provincia Ural-Volga; la cuenca de Siberia Occidental (cuencas gasíferas importantes de origen mesozoico); las cuencas del Cáucaso

(Caspio, Bakú y Turkmenistán occidental, con importantes reservas de aceite y gas); las cuencas del Asia central, como la fosa de Ucrania, las provincias de Vilyuy y Sajalín.

5. La región del Mar del Norte y Europa, donde varios países ribereños comparten los campos. También sobresale, la provincia del Mar del Norte la cual se compone de varias cuencas sedimentarias, y cuenta con una extensión regional de excepción. Además de las cuencas del Mar del Norte, se pueden citar las pequeñas provincias petroleras de Aquitania y los Apeninos, en Francia e Italia, respectivamente.
6. Finalmente se puede mencionar, en la región Asia-Pacífico o sudeste Asiático, en la cual se destacan como países poseedores y productores de importantes reservas de gas natural: Malasia e Indonesia. En éstas regiones se pueden citar las provincias localizadas en la isla de Sumatra y en el noroeste del Borneo. La característica de éstas provincias es que sus cuencas sedimentarias han tenido una evolución rápida, presentando, por ello, una gruesa serie de rocas arenosas y arcillosas ricas en yacimientos. Éstas rocas se han desarrollado en ambientes geológicos de altos gradientes geotérmicos y en el marco de trampas petroleras fundamentalmente de tipo estructural.

De todas las provincias petroleras mencionadas anteriormente, son más importantes las del Oriente Medio, ya que poseen cerca de 65% de las reservas probadas mundiales de petróleo y por la cantidad de sus reservas, también se destacan las provincias de la Federación Rusa, dados los enormes recursos de gas natural que actualmente poseen.

En el ámbito mundial son notorias, para algunos especialistas y compañías petroleras internacionales, las regiones del Cáucaso, el Mar Caspio, Alaska y el Golfo de México, como provincias petroleras emergentes para seguir los suministros energéticos durante las siguientes décadas. Los años por venir, y las actividades de exploración y producción que se llevan a cabo en esas regiones, seguramente tendrán la respuesta a estos pronósticos.

A continuación se analizará cada uno de los hidrocarburos, como son petróleo, gas y carbón:

3.7 El Petróleo¹²

El Petróleo (naturalmente en forma líquida) y sus derivados, es un hidrocarburo, como ya se mencionó anteriormente, que se forma a partir de los restos de animales y plantas que vivieron hace millones de años en un ambiente de agua en el cual estuvieron animales ancestrales. Durante millones de años, los restos de estos animales y las plantas estaban cubiertos por capas de arena y especie de lodo. El calor y la presión de éstas capas ayudaron a la formación de lo que hoy se conoce como petróleo crudo.

El tiempo de la generación del petróleo puede producirse, según se calcula, en 300 millones de años. En lo que respecta a profundidad y origen del petróleo y del gas, puede decirse que la mayoría de estos hidrocarburos proceden de entre 1,000 y 8,000 metros dependiendo de las condiciones térmicas de cada lugar de la corteza terrestre donde evolucione su transformación.

Cabe señalar que el petróleo no se encuentra distribuido en forma consistente en el subsuelo, por lo que deberán de existir al menos cuatro condiciones básicas para que éste se acumule:

1. Debe existir una roca permeable para que de ésta forma, existiendo condiciones bajo presión, pueda conducirse a través de los poros microscópicos de la roca.
2. La existencia, también, de una roca impermeable, hará que se evite la fuga del aceite y gas hacia la superficie.
3. El yacimiento debe de comportarse de manera tal, que las rocas se encuentren entre sí, para que no existan movimientos laterales que propicien una fuga de hidrocarburos.
4. La presencia de material orgánico deberá ser necesario y suficiente para transformarse en petróleo por el impacto de la presión y temperatura dominante en el yacimiento.

Con base en el contenido de azufre, el petróleo puede ser dulce o amargo. Al petróleo crudo se le llama dulce cuando contiene sólo una pequeña cantidad de azufre (0.5%) y amargo cuando contiene 1.5% de esta sustancia. También el petróleo crudo puede ser clasificado por su peso. Se considera ligero cuando fluye como el agua y pesado cuando es espeso. Se divide en tres grandes familias:

¹² Éste apartado ha sido elaborado con base en, Secretaría de Economía, *op. cit.* [s.p.], Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 40-42, Agencia Internacional de Energía, *op. cit.* [s.p.]. <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home> (06 de agosto de 2012), y Revista Presupuesto y Construcción, *op. cit.* pp. 58-61, e Instituto Mexicano del Petróleo, *El Origen del Petróleo*, México, [s.a.], <<http://www.imp.mx/petroleo/?imp=origen>>, (18 de mayo de 2015), [s.p.].

a) Hidrocarburos saturados llamados también alcanos

Los hidrocarburos saturados son los más significativos, representando de 50 a 60% del conjunto de los componentes del petróleo.

b) Hidrocarburos no saturados (alquenos y aromáticos)

c) Resinas y asfaltenos

Los hidrocarburos de los dos incisos anteriores, contienen otros elementos como nitrógeno, azufre y oxígeno y en algunas ocasiones níquel y vanadio. Estos hidrocarburos constituyen la fracción de hidrocarburos más pesada de los petróleos crudos.

3.7.1 Clasificación de los diferentes tipos de petróleos crudos¹³

Existen dos diferentes tipos de clasificaciones de petróleos crudos: por sus características químicas y por su calidad.

a) De acuerdo a sus características químicas se clasifican en:

En la tabla 3.3, se aprecia los tipos de petróleo crudo y su clasificación por características químicas:

Tabla 3.3 Clasificación del petróleo crudo por sus características químicas

Parafínicos	Están constituidos por más de 50% de hidrocarburos saturados y más de 40% de hidrocarburos parafínicos. Son ligeros con densidad cercana a 0.85 y fuerte viscosidad; contienen muy poco azufre.
Nafteno-parafínicos	Contienen más de 50% de hidrocarburos saturados y menos de 40% de parafínicos y de nafténicos. Así mismo, tienen poco azufre y pueden presentar de 5 a 15% de resinas y asfaltenos, y de 25 a 40% de aromáticos.

¹³ Con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 40-42, e Instituto Mexicano del Petróleo, *op. cit.* [s.p.], <<http://www.imp.mx/petroleo/?imp=tipos>>, (18 de mayo de 2015).

Nafténicos	Con menos de 50% de saturados y más de 40% de hidrocarburos nafténicos.
Aromáticos	Con menos de 50% de hidrocarburos saturados, más de 50% de aromáticos de resinas y asfaltenos. Son aceites pesados y con más de 1% de azufre.

Fuente: Elaboración propia con base en, Salvador Ortuño Arzate, *El mundo del petróleo, origen usos y escenarios*, México, Fondo de Cultura Económica, 2009, p. p. 40-42, y Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Washington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home> (06 agosto 2012) [s.p.].

b) De acuerdo con su calidad

Pueden ser clasificados en ligeros o pesados. Ésta densidad se mide con relación al agua, a la cual se le ha asignado un valor de 10 como valor de referencia y los valores numéricos se identifican como grados. Los petróleos con mayor densidad que el agua poseen un nivel menor que 10, mientras que los de menor densidad ostentan valores mayores a 10.

De acuerdo con ésta clasificación los petróleos crudos pesados se encuentran entre 10 y 22 grados, los medios entre 22 y 29 grados y los crudos ligeros son de más de 29 grados.

Actualmente, los petróleos crudos preferidos en el mercado internacional son los ligeros, con menores contenidos de azufre. Las diferentes calidades de los crudos determinarán las modalidades de refinación y usos, y hasta los consumidores y compañías de refinación que los tratarán en los mercados petroleros. El precio primario, finalmente, es en función directa de la calidad de los petróleos crudos. A éste precio se añaden otros parámetros más inestables, como la oferta y la demanda, las condiciones de mercado, las estrategias y eventos geopolíticos, etc.

3.7.2 Productos principales derivados del petróleo crudo¹⁴

Una vez que se ha extraído el petróleo crudo, se procesa para separar varios de sus componentes principales, para ser utilizados de distinta manera. Los productos principales son los siguientes:

¹⁴ Con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 40-42, y Michael Common y Sigrid Stagl, *Introducción a la Economía Ecológica*, Barcelona, Reverté, 2008, pp. 132-134.

a) El gas de síntesis o de refinería

Es utilizado como combustible en la propia refinería en los diferentes procesos que conllevan la producción de los derivados del petróleo crudo.

b) Los gases licuados del petróleo (GLP o LPG, por sus siglas en inglés).

Corresponden a los gases propano y butano que se emplean como insumos en los procesos de refinación. En México y otros países se han comercializado para consumo doméstico e industrial, después de algunos acondicionamientos realizados en ellos.

c) Las gasolinas

Comprenden una gama de productos destinados a los motores de combustión interna del transporte vehicular.

d) Las naftas

Algunos productos del petróleo crudo que han sido tratados para su acondicionamiento y uso posterior en la industria petroquímica.

e) Los querosenos

Se utilizan principalmente como combustible en las turbinas a reacción de aviones.

f) Los gasóleos

Son productos de amplio uso como combustible en motores de vehículos pesados y trenes, o como energético para uso industrial y doméstico en algunos países. Se conocen por el término genérico “diesel” en algunas regiones.

g) Los fuelóleos

Productos utilizados como energéticos para generar energía eléctrica o en el sector industrial.

h) Los lubricantes

Existe una amplia gama, los cuales son utilizados en la industria automotriz y en el sector de la maquinaria industrial.

i) Los asfaltos

Son productos residuales de la refinación que se usan para la pavimentación de caminos y carreteras o como impermeabilizantes.

Una propiedad de los hidrocarburos, que define los usos mencionados anteriormente, es su poder calorífico, por lo que se les utiliza fundamentalmente como fuente de energía. Éste poder calorífico varía en función de su densidad y de la composición química, y se expresa en mega joules por kilogramo, es decir, Mj/kg ó 106 joules por kg y en calorías por gramo (cal/g), como a continuación se indica:

- a) De 47 a 44.5 Mj/kg-1 (11 700 – 11 100 cal/g-1) para un crudo de 0.7 – 0.8 de densidad específica.
- b) De 44.5 a 43 Mj/kg-1 (11 100 – 10 675 cal/g-1) para un crudo de 0.8 – 0.9 de densidad específica.
- c) De 43 a 42 Mj/kg-1 (10 675 – 10 500 cal/g-1) para un crudo de 0.9 – 0.95 de densidad específica.

Cabe señalar que un joule (1 J) es igual al trabajo realizado por una fuerza de un newton al mover un objeto a lo largo de una distancia paralela a un metro. El joule es una unidad de energía, trabajo y cantidad de calor. El newton (1 N) es la fuerza resultante que imparte a una masa de 1 Kg una aceleración de 1 m/s².¹⁵

Las propiedades de los productos del petróleo crudo, mencionado anteriormente, han definido una serie de usos primordiales algunos de los cuales son los siguientes:

- a) Como fuente energética para el transporte vehicular terrestre, ferroviario y aéreo. Éste uso de los hidrocarburos es el más importante por sus montos, y por la utilización tan extensa durante el siglo XX. En éste sentido, destaca

¹⁵ Con base en, Paul E. Tippens, *Física, Conceptos y Aplicaciones*, México, Mc Graw Hill, 2007 (7ª Ed.), pp. 37, 138, 139, 159.

su utilización para la calefacción doméstica, industrial y para la generación de electricidad.

- b) Como insumo o materia prima para la lubricación e impermeabilización en algunos procesos industriales.
- c) Como insumos hacia la industria petroquímica, la cual constituye uno de los eslabones actualmente más desarrollados en el mundo, en la cadena del valor del petróleo.

3.7.3 El proceso de exploración del petróleo¹⁶

En la industria petrolera se reconocen tres grandes procesos que representan la primera parte de la cadena de valor, los cuales son: la exploración y producción petrolera, el transporte y la refinación, y comercialización de los productos del petróleo.

1. La exploración y producción petrolera

Es la parte dedicada a la búsqueda de nuevos yacimientos petroleros, para el desarrollo de nuevos campos y la explotación de los mismos. Integra a su vez varias etapas, como son: la evaluación del potencial petrolero, la incorporación de las reservas y la caracterización y delimitación iniciales, según se explica a continuación:

a) La evaluación del potencial petrolero

En ésta etapa se realiza una estimación de la factibilidad de que una región o cuenca sedimentaria posea yacimientos con hidrocarburos en cantidades comerciales. Los estudios en ésta fase son de carácter regional e incluyen análisis de las cuencas, caracterización de los procesos petroleros hipotéticos y caracterización de los sistemas petroleros probados o establecidos. El análisis de la cuenca, se refiere al estudio geológico y geofísico integral de las cuencas sedimentarias, el cual se enfoca al estudio de basamentos o contenedor de la serie sedimentaria, la definición del tipo y dinámica de la cuenca, su edad y evolución geológicas tanto sedimentaria como tectónica – estructural.

¹⁶ Con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 47-60.

b) La incorporación de las reservas

Aquí, los hidrocarburos estimados en la etapa anterior, pueden cuantificarse y formar parte de las reservas de hidrocarburos, probables, posibles y totales con las que se contaría en una cuenca sedimentaria o región. Esto se logra debido a los estudios, investigaciones y evaluaciones.

c) La caracterización y delimitación iniciales

Se refiere al límite de acumulación de hidrocarburos prospectada, su cuantificación de reservas y su potencial de producción. Los estudios corresponden a levantamientos de información sísmica, estudios de fracturación y de ingeniería de perforación.

2. Transporte del petróleo

En ésta etapa se lleva el petróleo crudo a las refinerías, o el gas hacia los centros de tratamiento, almacenamiento o distribución.

3. Refinación y comercialización de los productos del petróleo

En ésta fase se hace posible la obtención de los productos del petróleo crudo y la disponibilidad en los centros de distribución y consumo.

Así mismo, los pozos petroleros pueden ser horizontales, verticales, multilaterales o desviados, dependiendo de las condiciones de las rocas y de las particularidades de los yacimientos detectados. Actualmente, la perforación y el desarrollo de yacimientos petroleros se lleva a cabo tanto en tierra como en mar. La perforación marina se realiza utilizando importantes y costosas infraestructuras y estructuras que comprenden instalaciones como plataformas, barcos e instalaciones costeras.

Una vez que el petróleo crudo se extrae, se envía a una refinería por oleoductos, o por buques, una vez que se encuentra en la refinería, las diferentes partes del petróleo crudo se separan en productos derivados del petróleo utilizables. El petróleo crudo se mide en barriles.

3.7.4 Ganancia debido al procesamiento del petróleo.¹⁷

El barril de 42 galones estadounidenses de crudo proporciona unos 45 galones de productos derivados del petróleo. Ésta ganancia en el procesamiento del petróleo crudo es similar a lo que sucede con las palomitas de maíz, las cuales se hacen más grandes después de que se preparan con aceite en el fuego. La ganancia en el procesamiento es casi del 7%.

De ésta manera se puede decir que un barril de petróleo crudo, cuando se pasa por el proceso de refinación, produce alrededor de:

- 19 galones de gasolina
- 10 galones de diesel
- 7 galones de otros productos
- 4 galones de turbosina
- 2 galones de aceite pesado
- 2 galones de gas licuado
- 1 galón de otros destilados

La mayoría de los productos del petróleo se utilizan para producir energía.

En cuanto a la gasolina, ésta es un combustible refinado derivado del petróleo crudo, altamente inflamable, tóxico y se usa principalmente para dar marcha al transporte vehicular.

En lo que respecta al combustible diesel, éste es menos inflamable que la gasolina, se usa en los vehículos de motor pesado en los cuales los motores se encienden por compresión, es decir, el aire se comprime dentro del cilindro del motor, y luego se inyecta el combustible y se produce el encendido porque el aire se calienta como resultado de ésta compresión.

El combustible diesel contiene entre 18 y 30 por ciento más de energía por litro que la gasolina. La tecnología que utiliza diesel, también ofrece una densidad de potencia mayor que otros combustibles, por lo que incorpora más potencia por unidad de

¹⁷ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Washington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home> (06 agosto 2012) [s.p.].

volumen. De ahí que sea utilizado más a menudo por autobuses, trenes, barcos, en la construcción, excavación, perforación de pozos, entre otros.

También se utiliza diesel en la milicia, en vehículos de combate, como tanques y camiones, ya que es menos explosivo.

Otros usos se dan en la generación de electricidad con el empleo de motores diesel-generadores. Así mismo, en muchas instalaciones industriales, en grandes edificios, hospitales y compañías de electricidad, tienen generadores diesel de respaldo y fuente de alimentación de emergencia.

Y con referencia al gas propano éste es un gas rico en energía. Es uno de los gases licuados de petróleo (LP-gas o GLP) que se encuentran mezclados con gas natural y petróleo. Éste gas y otros gases licuados, como el etano y el butano, son separados del gas natural en la transformación de gas natural o de petróleo crudo en las refinerías.

El propano a mayor presión o bajas temperaturas, se convierte en un líquido, debido a que es 270 veces más compacto en éste estado, que como un gas, y por ésta razón se transporta y almacena en estado líquido y se convierte en un gas de nuevo cuando se abre una válvula para liberarlo de su contenedor a presión. Cuando se libera la presión, se convierte en un gas, de manera que pueda ser utilizado.

En los hogares, el propano se utiliza para calefacción de las casas, calentamiento de agua, secado de la ropa, chimeneas de gas y parrillas.

Una fracción mínima de gas propano se utiliza para el transporte, sin embargo es el segundo combustible más utilizado en este rubro.

3.7.5 Reservas de petróleo¹⁸

Las reservas, son la cantidad de hidrocarburos que existen en los yacimientos, en el subsuelo; ésta reserva se puede clasificar como probada, probable o posible, como a continuación se indica:

¹⁸ Con base en Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 74-75, y Luciano Caratori, *Informe de las reservas de hidrocarburos en Argentina entre el 31 de diciembre de 2002 y el 31 de diciembre de 2013*, Instituto Argentino de la Energía, Argentina, 06 de enero de 2014, <http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2015/01/Informe_reservas_2013_IAE_Mosconi.pdf>, (17 de mayo de 2015), pp. 28-31.

1. Reservas probadas

Se refiere a la cantidad de petróleo y gas, que se estima recuperable de campos conocidos, bajo condiciones económicas y operativas existentes (90% de probabilidad, o sea, P^{90}). Además son las que financieramente soportan los proyectos de inversión y se estiman con razonable certidumbre que serán comercialmente recuperables a partir de una fecha dada.

2. Reservas probables

Estimación de las reservas de petróleo y/o gas en estructuras ya penetradas, pero que requieren confirmación más avanzada para ser clasificadas como reservas probadas (50% de probabilidad, o bien P^{50}). Si se emplean métodos probabilísticos para su evaluación, existirá una probabilidad de al menos 50% de que las cantidades sean factibles a recuperar.

3. Reservas posibles

Se refiere a la estimación de reservas de petróleo o gas a partir de los datos geológicos o de ingeniería, de áreas no perforadas o no probadas (10% de probabilidad, simbolizada P^{10}). Es menos segura su recuperación comercial. Al emplear métodos probabilísticos se tendrá al menos una probabilidad del 10% de recuperación.

De éstas tres categorías, la reserva probada es la que normalmente se publica en los medios de comunicación para fines económicos y de prospectiva. Las reservas probables y posibles cumplen otros objetivos para las empresas petroleras.

3.7.6 Reservas probadas de petróleo por zonas geográficas

En lo que respecta a América del Norte, se puede apreciar en la tabla 3.4, la evolución de las reservas probadas de petróleo desde el final de 1991 hasta el final de 2011, en donde se destaca Canadá con mayor volumen de reservas en miles de millones de barriles, lo que representa el 10.6% de participación del total en el mundo y con suficiente volumen de petróleo para abastecer sus necesidades para más de 100 años.¹⁹ Estados Unidos ocupa el segundo lugar, en ésta región, con casi el 2% de participación

¹⁹ El cálculo de las reservas probadas para cada país, se obtiene de dividir el remanente de reservas al final del año entre la producción de ese año, obteniéndose así la cantidad de duración de las reservas a ese mismo ritmo de producción.

con respecto al total mundial y con volumen de petróleo para 10.8 años. México ocupa el tercer lugar con una participación de 0.7% del total de reservas mundiales y con cantidades para 11.4 años. Sobresale también una notable disminución en sus reservas, en éste país, de 1991 con 50.9 miles de millones de barriles a 18.8 en 2001 y 11.4 al final del año 2011. El total de participación de ésta región, con respecto al total mundial, es de 13.2%, de reservas probadas.²⁰

En lo que respecta a la región de Sur y Centro América, se puede destacar que tiene el 19.7% de participación en reservas probadas de petróleo respecto del 100% del total mundial y en ésta región sobresalen Venezuela con volumen de reservas probadas para más de 100 años, en segundo lugar se sitúa Ecuador con cantidades para 33.2 años, en tercer lugar Perú con 22.2. Brasil con 18.8, Trinidad y Tobago con 16.7, Argentina con 11.4 y Colombia con 5.9, también sobresalen en ésta región.²¹

En la parte de Europa y Eurasia, se encuentra una importante participación con un volumen total de reservas mundiales de 22.3 años como promedio, destacando países como Kazajstán con volumen de reservas para 44 años, seguido de Italia con 34.3 años y la Federación Rusa con 23.5 años. Ésta región participa con el 8.5% de reservas del total mundial.²²

La región más importante con reservas probadas de petróleo a nivel mundial, es el Oriente Medio con un total de 78.7 años como promedio y con un porcentaje de participación de 48.1% del total mundial. Los países con mayor volumen de reservas en ésta región son en primer lugar Iraq, con más de cien años, Kuwait con 97 años, Irán con 95.8 años, Emiratos Árabes Unidos con 80 años y Arabia Saudita con 65.2 años.²³

En el sector de África, destaca Libia como país con mayores reservas, con más de 100 años seguido por Gabón, Nigeria y Sudán, cada uno de estos países, sobrepasa los 40 años de reservas y de hecho como promedio en éste sector la cifra es de 41.2 años de reservas.²⁴

En la región de Asia Pacífico, que de hecho es la que tiene menor cantidad de reservas en el mundo, el país con mayor número, en este renglón, es Vietnam, con la suficiente

²⁰ Con base en, British Petroleum, *Workbook of historical statistical data from 1965-2011*, Londres, 2013, <<http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>>, (07 de enero de 2013). [s.p.], British Petroleum, *Statistical Review of World Energy*, June 2013, Londres 2013, <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf>, (03 de julio de 2015), p. 8.

²¹ Con base en, *Idem*.

²² Con base en, *Idem*.

²³ Con base en, *Idem*.

²⁴ Con base en, *Idem*.

cantidad para 36.7 años, sobresale también Malasia con 28 años y Australia con cerca de 22 años.²⁵

En conjunto todas las zonas del mundo tienen suficiente combustible para 54.2 años. En la gráfica siguiente, se destaca el conglomerado de reservas probadas de petróleo, por zonas geográficas.²⁶

²⁵ Con base en, *Idem.*

²⁶ Con base en, *Idem.*

Tabla 3.4 Reservas Probadas de Petróleo (en años)

Países	Al final de 1991	Al final de 2001	Al final de 2010	Al final de 2011	Participación del total	Reservas/Años
Estados Unidos	32.1	30.4	30.9	30.9	1.9%	10.8
Canadá	40.1	180.9	175.2	175.2	10.6%	*
México	50.9	18.8	11.7	11.4	0.7%	10.6
TOTAL DE NORTE AMÉRICA	123.2	230.1	217.8	217.5	13.2%	41.7
Argentina	1.7	2.9	2.5	2.5	0.2%	11.4
Brasil	4.8	8.5	14.2	15.1	0.9%	18.8
Colombia	1.9	1.8	1.9	2.0	0.1%	5.9
Ecuador	1.5	4.6	6.2	6.2	0.4%	33.2
Perú	0.8	1.0	1.2	1.2	0.1%	22.2
Trinidad y Tobago	0.6	1.0	0.8	0.8	0.1%	16.7
Venezuela	62.6	77.7	296.5	296.5	17.9%	*
Otros del Sur y Centro América	0.6	1.4	1.3	1.1	0.1%	22.1
TOTAL DEL SUR Y CENTRO AMÉRICA	74.6	98.8	324.7	325.4	19.7%	*
Azerbaijón	n/a	1.2	7.0	7.0	0.4%	20.6
Dinamarca	0.6	1.3	0.9	0.8	0.05%	10.0
Italia	0.8	0.8	1.4	1.4	0.1%	34.3
Kazajstán	n/a	5.4	30.0	30.0	1.8%	44.7
Noruega	8.8	11.6	6.8	6.9	0.4%	9.2
Rumania	1.5	1.2	0.6	0.6	0.05%	18.7
Federación Rusa	n/a	73.0	86.6	88.2	5.3%	23.5
Turkmenistán	n/a	0.5	0.6	0.6	0.05%	7.6
Reino Unido	4.2	4.5	2.8	2.8	0.2%	7.0
Uzbekistán	n/a	0.6	0.6	0.6	0.05%	18.9
Otros de Europa y Eurasia	60.9	2.2	2.2	2.2	0.1%	15.2

TOTAL DE EUROPA Y EURASIA	70.8	102.4	139.5	141.1	8.5%	22.3
Irán	92.9	99.1	151.2	151.2	9.1%	95.8
Iraq	100.0	115.0	115.0	143.1	8.70% *	
Kuwait	96.5	96.5	101.5	101.5	6.1%	97.0
Omán	4.3	5.9	5.5	5.5	0.3%	16.9
Qatar	3.0	16.8	24.7	24.7	1.5%	39.3
Arabia Saudita	260.9	262.7	264.5	265.4	16.10%	65.2
Siria	3.0	2.3	2.5	2.5	0.2%	20.6
Emiratos Árabes Unidos	98.1	97.8	97.8	97.8	5.90%	80.7
Yemen	2.0	2.4	2.7	2.7	0.2%	32.0
Otros de Medio Oriente	0.1	0.1	0.3	0.7	0.05%	37.1
TOTAL DE MEDIO ORIENTE	660.8	698.7	765.6	795	48.1%	78.7
Argelia	9.2	11.3	12.2	12.2	0.7%	19.3
Angola	1.4	6.5	13.5	13.5	0.8%	21.2
Chad	-	0.9	1.5	1.5	0.1%	36.1
República del Congo	0.7	1.6	1.9	1.9	0.1%	18.0
Egipto	3.5	3.7	4.5	4.3	0.3%	16.0
Guinea Ecuatorial	0.3	1.1	1.7	1.7	0.1%	18.5
Gabón	0.9	2.4	3.7	3.7	0.2%	41.2
Libia	22.8	36.0	47.1	47.1	2.9% *	
Nigeria	20.0	31.5	37.2	37.2	2.3%	41.5
Sudán	0.3	0.7	6.7	6.7	0.4%	40.5
Túnez	0.4	0.5	0.4	0.4	0.0%	15.0
Otros de África	0.8	0.6	2.3	2.2	0.1%	27.0
TOTAL DE ÁFRICA	60.4	96.8	132.7	132.4	8.0%	41.2
Australia	3.2	5.0	3.8	3.9	0.2%	21.9
Brunei	1.1	1.2	1.1	1.1	0.1%	18.2
China	15.5	15.4	14.8	14.7	0.9%	9.9
India	6.1	5.5	5.8	5.7	0.3%	18.2

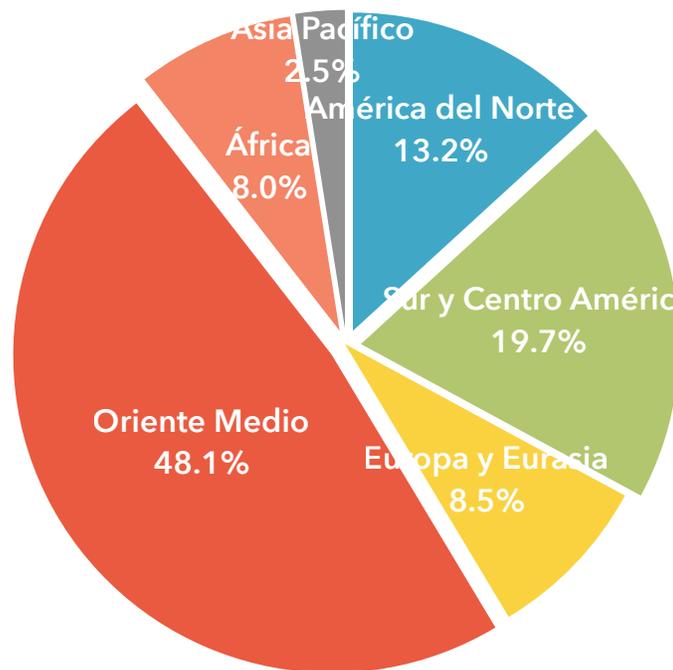
Indonesia	5.9	5.1	4.2	4.0	0.2%	11.8
Malasia	3.7	4.5	5.9	5.9	0.4%	28.0
Tailandia	0.2	0.6	0.4	0.4	0.1%	3.5
Vietnam	0.2	2.2	4.4	4.4	0.3%	36.7
Otros de Asia Pacífico	0.9	1.1	1.2	1.1	0.05%	10.4
TOTAL DE ASIA PACÍFICO	37	40.5	41.7	41.3	2.5%	14.0
TOTAL DEL MUNDO	1032.7	1267.4	1622.1	1652.6	100%	54.2
De los cuáles						
OCDE	142.7	254.8	235.0	234.7	14.2%	34.7
NO OCDE	890.1	1012.6	1387.1	1417.9	85.8%	59.7
OPEP	769.0	855.5	1167.3	1196.3	72.4%	91.5
NO OPEP	204.7	330.4	329.4	329.4	19.9%	26.3
Unión Europea	8.3	8.8	6.8	6.7	0.4%	10.8
Anterior Unión Soviética	59.0	81.4	125.4	126.9	7.7%	25.8

*Mayor a cien años

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la gráfica 3.1 se muestra las reservas de petróleo por zona geográfica al final de 2011, en la cual se destaca la participación del Oriente Medio, en éste rubro, con 48.1%. La segunda región más importante en materia de reservas es la región de Sur y Centro América con 19.7%. En el tercer lugar se encuentra la región de América del Norte con 13.2%. Europa y Eurasia, África y Asia Pacífico tienen un porcentaje de participación de 8.5, 8.0, y 2.5%, respectivamente.

**GRÁFICA 3.1 RESERVAS PROBADAS DE PETRÓLEO
POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011
(PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN)**



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Oil Proved Reserves, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.7.7 Producción de petróleo (millones de barriles diarios).

En la tabla 3.5, aparece que desde el año 2001 al año 2004, México tuvo un importante aumento en la cantidad de producción de petróleo, pasando de 3.57 a 3.83 millones de barriles diarios (b/d), sin embargo ya para el año 2005, comenzó a decrecer el volumen de producción, paulatinamente, año tras año hasta llegar a la cantidad de 2.94 millones de barriles diarios en el año 2011 sin embargo, México se sitúa entre los mayores productores de petróleo en el mundo. En ésta región de América del Norte, el mayor productor de petróleo es Estados Unidos con 7.84 millones de barriles por día al final del año 2011 y en segundo lugar se sitúa Canadá con 3.52 millones de barriles diarios, para ese mismo año. El porcentaje de participación con respecto al total para ésta región, en su conjunto es de 16.7% (Estados Unidos 8.8%, Canadá 4.3% y México 3.6%). En ésta región, los países que tuvieron un ligero incremento con respecto al año 2010, fueron Estados Unidos y Canadá.²⁷

En la región de Sur y Centro América sobresalen países como Venezuela con un volumen de producción al final de 2011 con 2.7 millones de barriles por día y con un porcentaje de participación del total mundial de 3.5%. Brasil ocupa el segundo lugar, en esta región, con 2.19 millones de barriles diarios y con participación del 2.9% con respecto al total mundial.²⁸

La Federación Rusa, sobresale por mucho, con respecto a los integrantes de esa región, Europa y Eurasia, con un volumen de producción de 10.28 millones de barriles por día y con una participación del total mundial del 12.8%. Noruega es otro de los países en ésta región, que tiene una importante producción de petróleo con 2.04 millones de barriles diarios, seguido por Kazajstán con 1.84 millones de barriles diarios.²⁹

En el Oriente Medio se sitúan varios productores con una importante participación a nivel mundial, como por ejemplo Arabia Saudita, Irán, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait e Iraq todos ellos con un volumen de producción de 11.16, 4.32, 3.32, 2.87 y 2.79 millones de barriles por día, respectivamente. El porcentaje de producción de ésta región, con respecto al total mundial, es de 32.8%. De ésta zona, sobresale el incremento en el volumen de producción para el 2011, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait e Iraq.³⁰

²⁷ Con base en, British Petroleum, *Oil Production, Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.], y Agencia Internacional de Energía, *Key World Energy Estatics 2014*, Washington, 2014, <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>, (03 de Julio de 2015), pp. 8-11.

²⁸ Con base en, *Idem*.

²⁹ Con base en, *Idem*.

³⁰ Con base en, *Idem*.

En la región de África, el país con mayor producción es Nigeria con 2.46 millones de barriles por día, seguido de Angola y Argelia, ambos con 1,746 y 1,729 millones de barriles diarios respectivamente. Ésta región participa con el 10.5% del total de producción en el mundo.³¹

La región de Asia Pacífico participa con el 9.6% del total mundial, y China es el país con mayor volumen de producción en ésta zona con 4.09 millones de barriles diarios y con una participación de 5.1% del total en el mundo.^{32 33}

³¹ Con base en, *Idem*.

³² Con base en, *Idem*.

³³ Cabe señalar que en la tabla siguiente, aparecen las cantidades en miles de acuerdo a la fuente principal, por lo que fue necesario hacer un ajuste para presentarla en millones, lo cual es más verídico y exacto, y lo mismo se hizo en los siguientes análisis y en las siguientes tablas, con base en esto mismo que se comenta.

Tabla 3.5 Producción de Petróleo (en millones de barriles diarios)

Paises	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Variación respecto al año anterior	Participación Total 2011
Estados Unidos	7.669	7.626	7.400	7.228	6.895	6.841	6.847	6.734	7.270	7.555	7.841	3.6%	8.8%
Canadá	2.677	2.858	3.004	3.085	3.041	3.208	3.305	3.223	3.222	3.367	3.522	5.0%	4.3%
México	3.568	3.593	3.795	3.830	3.766	3.689	3.689	3.165	2.978	2.958	2.938	-0.8%	3.6%
TOTAL DE NORTE AMÉRICA	13.914	14.077	14.199	14.143	13.702	13.738	13.841	13.122	13.470	13.880	14.301	3.0%	16.7%
Argentina	830	818	806	754	725	716	699	682	676	652	607	-7.0%	0.8%
Brasil	1.337	1.499	1.555	1.542	1.716	1.809	1.833	1.899	2.029	2.137	2.193	2.5%	2.9%
Colombia	627	601	564	551	554	559	561	616	685	801	930	16.3%	1.2%
Ecuador	416	401	427	535	541	545	520	514	495	495	509	2.8%	0.7%
Perú	98	98	92	94	111	116	114	120	145	157	153	-2.8%	0.2%
Trinidad y Tobago	135	155	164	152	171	174	154	149	151	145	136	-6.5%	0.1%
Venezuela	3.142	2.895	2.554	2.817	3.003	2.940	2.960	2.985	2.914	2.775	2.720	-2.0%	3.5%
Otros de Sur y Centro América	137	152	153	144	142	139	141	139	133	131	134	1.4%	0.2%
TOTAL DEL SUR Y CENTRO AMÉRICA	6.722	6.619	6.315	6.589	6.963	6.998	6.982	7.104	7.228	7.293	7.382	1.2%	9.6%
Azerbaiján	301	311	313	315	452	654	869	915	1.033	1.036	931	-10.3%	1.1%
Dinamarca	348	371	368	390	377	342	311	287	265	249	224	-10.1%	0.3%
Italia	86	115	116	113	127	120	122	108	95	106	110	3.9%	0.1%
Kazajstán	869	1.056	1.152	1.342	1.402	1.475	1.534	1.607	1.746	1.818	1.841	0.9%	2.1%
Noruega	3.418	3.333	3.264	3.189	2.969	2.779	2.551	2.459	2.358	2.137	2.039	-5.2%	2.3%
Rumania	130	127	123	119	114	105	99	98	93	89	88	-1.5%	0.1%
Federación Rusa	6.989	7.622	8.460	9.190	9.443	9.656	9.869	9.784	9.927	10.150	10.280	1.2%	12.8%
Turkmenistán	162	182	202	193	192	186	198	207	210	216	216	-	0.3%
Reino Unido	2.476	2.463	2.257	2.028	1.809	1.636	1.638	1.526	1.452	1.339	1.100	-17.4%	1.3%
Uzbekistán	171	171	166	152	126	125	114	114	107	87	86	-1.8%	0.1%

Otros de Europa y Eurasia	462	497	505	494	465	455	449	429	418	401	399	0.3%	0.5%
TOTAL DE EUROPA Y EURASIA	15.412	16.248	16.926	17.525	17.476	17.533	17.754	17.534	17.704	17.628	17.314	-1.8%	21.0%
Irán	3.825	3.580	4.002	4.201	4.184	4.260	4.303	4.396	4.249	4.338	4.321	-0.6%	5.2%
Iraq	2.523	2.116	1.344	2.030	1.833	1.999	2.143	2.428	4.247	2.480	2.798	12.8%	3.4%
Kuwait	2.181	2.027	2.362	2.510	2.654	2.726	2.647	2.761	2.477	2.518	2.865	14.1%	3.5%
Omán	960	904	824	786	778	742	715	754	813	865	891	2.8%	1.1%
Qatar	754	764	879	992	1028	1.110	1.197	1.378	1.345	1.569	1.723	8.2%	1.8%
Arabia Saudita	9.158	8.877	10.107	10.564	11.033	10.775	10.371	10.769	9.809	9.955	11.161	12.7%	13.2%
Siria	581	548	527	495	450	435	415	398	401	385	332	-13.7%	0.4%
Emiratos Árabes Unidos	2.551	2.390	2.695	2.847	2.983	3.149	3.053	3.088	2.750	2.867	3.322	14.2%	3.8%
Yemen	455	457	448	420	416	380	341	315	306	301	228	-24.0%	0.3%
Otros de Medio Oriente	47	48	48	48	34	32	35	33	37	37	48	32.0%	0.1%
TOTAL DE MEDIO ORIENTE	23.035	21.711	23.236	24.893	25.393	25.608	25.220	26.320	26.434	25.315	27.689	9.4%	32.8%
Argelia	1.562	1.680	1.852	1.946	2.015	2.003	2.016	1.993	1.816	1.762	1.729	-1.6%	1.9%
Angola	742	905	870	1.103	1.405	1.421	1.684	1.901	1.824	1.883	1.746	-7.3%	2.1%
Chad	-	-	24	168	173	153	144	127	118	122	114	-6.7%	0.1%
República del Congo	234	238	217	223	245	278	224	237	276	293	295	1.0%	0.4%
Egipto	758	751	749	721	696	697	710	723	736	730	735	0.3%	0.9%
Guinea Ecuatorial	177	230	266	351	358	342	350	347	307	274	252	-8.1%	0.3%
Gabón	301	295	240	235	234	235	230	235	230	250	245	2.0%	0.3%
Libia	1.427	1.375	1.485	1.623	1.745	1.815	1.820	1.820	1.652	1.659	479	-71.0%	0.6%
Nigeria	2.274	2.103	2.263	2.472	2.551	2.468	2.354	2.170	2.120	2.453	2.457	0.2%	2.9%
Sudán	217	241	265	301	305	331	468	480	475	465	453	-2.6%	0.6%
Túnez	71	74	68	71	73	70	97	89	83	80	78	-2.5%	0.1%
Otros de África	134	135	138	164	154	153	166	162	155	144	221	52.7%	0.3%
TOTAL DE ÁFRICA	7.897	8.027	8.437	9.378	9.954	9.966	10.263	10.284	9.792	10.115	8.804	-12.9%	10.5%
Australia	757	759	664	582	580	542	559	547	518	561	484	-14.5%	0.5%
Brunei	203	210	214	210	206	221	194	175	168	172	166	-3.8%	0.2%
China	3.310	3.351	3.406	3.486	3.642	3.711	3.742	3.814	3.805	4.077	4.090	0.3%	5.1%

India	727	753	756	773	738	762	769	767	756	827	858	3.9%	1.0%
Indonesia	1.387	1.289	1.176	1.130	1.090	996	972	1.003	990	1.003	942	-5.6%	1.1%
Malasia	666	698	738	762	704	667	683	688	659	642	573	-10.9%	0.7%
Tailandia	191	204	236	223	265	286	305	321	331	334	345	0.8%	0.3%
Vietnam	350	354	364	427	393	358	337	315	347	320	328	2.1%	0.4%
Otros de Asia Pacífico	194	192	195	236	287	305	321	339	329	315	300	-5.1%	0.3%
TOTAL DE ASIA PACÍFICO	7.785	7.810	7.749	7.829	7.905	7.848	7.882	7.969	7.903	8.251	8.086	-2.0%	9.6%
TOTAL DEL MUNDO	74.767	74.493	76.860	80.358	81.391	81.687	81.729	82.335	80.732	82.480	83.576	1.3%	100.0%

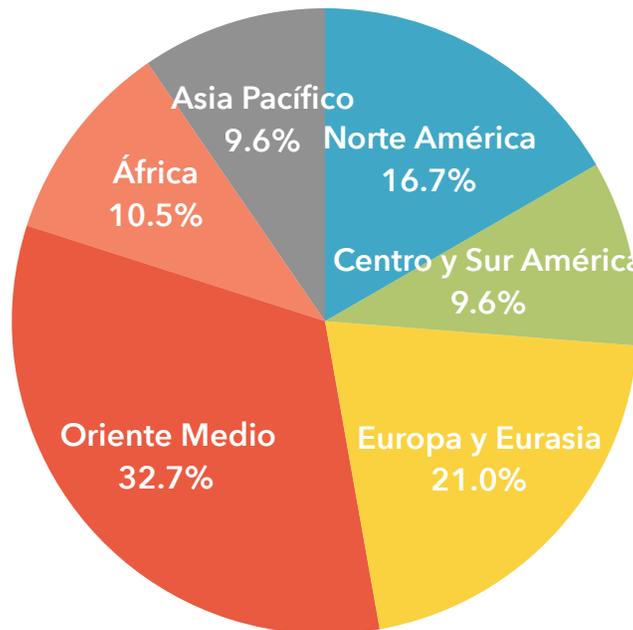
De los cuáles

OCDE	21.343	21.473	21.216	20.778	19.873	19.457	19.131	18.373	18.463	18.563	18.543	-0.2%	21.7%
NO OCDE	53.424	53.020	55.643	59.580	61.518	62.230	62.598	63.961	62.269	63.917	65.032	1.7%	78.3%
OPEP	30.555	29.113	30.839	33.641	34.973	35.211	35.067	36.203	33.897	34.753	35.830	3.0%	42.4%
NO OPEP	35.587	35.885	35.564	35.362	34.642	34.225	33.925	33.355	33.661	34.280	34.258	-0.1%	41.0%
Unión Europea	3.281	3.336	3.124	2.898	2.655	2.419	2.384	2.219	2.086	1.950	1.692	-12.7%	2.0%
Anterior Unión Soviética	8.625	9.495	10.456	11.356	11.776	12.251	12.737	12.776	13.174	13.448	13.487	0.2%	16.5%

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Production, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la Gráfica 3.2, se puede observar el porcentaje de participación por zona geográfica, en cuanto al volumen de producción al final de 2011. Al respecto, sobresale la región del Oriente Medio con un volumen de producción del 32.7%, seguido por Europa y Eurasia con 21.0% y en el tercer sitio se ubica la región de Norte América con 16.7%. De la posición 4 al 6º sitio se ubican las regiones de África, Asia Pacífico y Centro y Sur América (éstas dos últimas regiones con idénticos números) con porcentajes del 10.5, 9.6 Y 9.6%.

GRÁFICA 3.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PETRÓLEO AL FINAL DE 2011.



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Oil Production, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.7.8 Consumo de petróleo

El consumo de petróleo, reviste una importancia particular en vista de que está relacionado con el progreso de cada país, y en la tabla 3.6, se puede apreciar, que la región con mayor consumo es la de Asia Pacífico y es que en ésta se encuentran economías que están teniendo un desarrollo tecnológico importante.

La región de América del Norte, al final de 2011, tiene una presencia importante ya que Estados Unidos es el principal consumidor de petróleo en el mundo con 18.84 millones de barriles por día, más o menos el equivalente del consumo total de Europa y Eurasia juntos. Así mismo, Canadá consume 2.29 millones de barriles diarios, un poco más de petróleo que México con 2.03 millones de barriles diarios. En conjunto ésta región tiene una participación de 25.8% con respecto al total mundial.³⁴

El país que más destaca en la región de América del Sur y Central, es Brasil con 2.65 millones de barriles diarios, consumidos en el año 2011. Ésta región consumió por día, 6.24 millones de barriles diarios para el final de ese mismo año y su porcentaje con respecto al total mundial fue de 7.1%.³⁵

En la región de Europa y Eurasia, sobresale el país de la Federación Rusa como importante consumidor de este hidrocarburo. Para el final del 2011 había consumido 2.96 millones de barriles diarios, Alemania, Francia y Reino Unido, también tuvieron un importante consumo en el 2011 con 2.36, 1.72 y 1.52 millones de barriles diarios respectivamente. Éste bloque de naciones participó con el 22.1% de consumo mundial a finales de 2011.³⁶

Arabia Saudita e Irán son los países con mayor consumo de petróleo al final de 2011 con 2.85 y 1.82 millones de barriles diarios en la región del Oriente Medio. En suma ésta zona consumió el 9.1% del total mundial.³⁷

La zona en la cual se registró muy poco consumo de combustible para finales de 2011 fue África, con 3.34 millones de barriles diarios, éste consumo es el equivalente a poco menos del consumo registrado en la India, igualmente en ese mismo año. El porcentaje total de consumo de ésta zona fue del 3.9%.³⁸

³⁴ Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatiscal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.], Agencia Internacional de Energía, *Key World Energy Estatics 2014*, Washington, 2014, <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>, (03 de Julio de 2015), pp. 28-31.

³⁵ Con base en, *Idem*.

³⁶ Con base en, *Idem*.

³⁷ Con base en, *Idem*.

³⁸ Con base en, *Idem*.

En el sector de Asia Pacífico, se registró un importante consumo de petróleo con respecto al total mundial. Casi la tercera parte del consumo registrado en el 2011, se registró en éste sector con 32.4%. Los países que sobresalen como principales consumidores son: China, Japón, India y Corea del Sur, con 9.76, 4.42, 3.47 y 2.94, millones de barriles diarios respectivamente.³⁹

El consumo total en el mundo durante el pasado año de 2011, fue de 88.03 millones de barriles diarios, un incremento de 0.7% con respecto al 2010, de hecho, se puede apreciar en la tabla siguiente que año tras año el consumo va aumentando. Desde el año 2001 hasta el año 2011 el incremento fue de más de 10 millones de barriles diarios.⁴⁰

³⁹ Con base en, *Idem*.

⁴⁰ Con base en, *Idem*.

Tabla 3.6 Consumo de Petróleo (en millones de barriles diarios)

Países												Cambio	2011	Participación del total
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 sobre 2010		
Estados Unidos	19.649	19.761	20.033	20.732	20.802	20.687	20.680	19.498	18.771	19.148	18.835	-1.9%	20.5%	
Canadá	2.008	2.051	2.115	2.231	2.229	2.246	2.323	2.288	2.179	2.276	2.293	0.4%	2.5%	
México	1.939	1.864	1.909	1.985	2.032	2.021	2.070	2.055	1.996	1.994	2.027	1.3%	2.2%	
Total de Norte América	23.595	23.676	24.058	24.947	25.063	24.955	25.073	23.841	22.946	23.418	23.156	-1.4%	25.3%	
Argentina	431	391	403	423	447	468	528	553	521	557	609	8.2%	0.7%	
Brasil	2.047	2.030	2.010	2.020	2.078	2.094	2.234	2.382	2.399	2.604	2.653	2.3%	3.0%	
Chile	227	225	225	238	251	261	343	353	335	314	327	2.8%	0.4%	
Colombia	219	214	214	218	232	241	233	230	228	238	253	2.4%	0.3%	
Ecuador	131	130	136	140	166	179	193	203	216	226	226	2.6%	0.3%	
Perú	146	146	139	152	152	147	153	172	176	184	203	9.0%	0.2%	
Trinidad y Tobago	28	33	31	36	41	46	47	43	41	43	34	-3.5%	0.0%	
Venezuela	622	660	535	582	628	661	682	712	729	765	832	3.8%	0.9%	
Otros de Sur y Centro América	1.106	1.112	1.132	1.138	1.149	1.173	1.210	1.186	1.182	1.174	1.104	0.4%	1.3%	
Total de Sur y Centro América	4.956	4.941	4.825	4.946	5.144	5.271	5.622	5.835	5.827	6.104	6.241	2.9%	7.1%	
Austria	263	269	291	283	292	292	275	277	267	269	257	-3.6%	0.3%	
Azerbaijón	79	73	84	90	106	96	91	73	70	73	80	11.9%	0.1%	

Bielorrusia	146	142	146	151	145	162	150	166	188	133	180	22.8%	0.2%
Bélgica y Luxemburgo	662	682	738	759	762	748	752	818	679	715	677	0.7%	0.8%
Bulgaria República Checa	92	96	111	104	110	117	114	119	124	93	74	-6.4%	0.1%
Dinamarca	177	172	184	202	210	207	205	209	204	195	193	-0.5%	0.2%
Finlandia	202	197	189	186	194	198	200	196	178	180	173	-1.7%	0.2%
Francia	218	222	235	221	229	222	223	222	209	219	221	0.9%	0.3%
Alemania	2.010	1.953	1.952	1.963	1.946	1.942	1.911	1.889	1.822	1.744	1724	-1.7%	2.0%
Grecia	2.787	2.697	2.648	2.619	2.592	2.609	2.380	2.502	2.409	2.441	2362	-3.3%	2.7%
Hungría República de Irlanda	403	406	395	428	426	444	435	427	407	372	343	-7.9%	0.4%
Italia	141	139	137	141	163	168	168	164	154	146	142	-3.1%	0.2%
Kazajstán	182	179	175	181	191	191	195	187	166	158	142	-10.4%	0.2%
Lituania	1.920	1.915	1.900	1.850	1.798	1.791	1.740	1.661	1.563	1.532	1.486	-2.7%	1.8%
Países Bajos	179	191	209	223	236	239	247	266	253	262	212	7.6%	0.3%
Noruega	55	51	50	53	57	58	58	63	54	55	55	0.8%	0.1%
Polonia	922	933	943	984	1.049	1.070	1.123	1.069	1.041	1.057	1.052	0.3%	1.2%
Portugal	216	211	229	219	221	226	235	225	230	239	253	3.5%	0.3%
Rumania Federación Rusa	419	430	441	469	487	512	531	549	549	568	566	-1.5%	0.6%
Eslovaquia	321	332	311	315	324	294	296	278	263	261	240	-7.3%	0.3%
España	211	220	194	224	218	214	218	216	195	192	187	4.4%	0.2%
Suecia	2.688	2.730	2.755	2.767	2.777	2.893	2.913	3.036	2.936	3.199	2.961	5.5%	3.4%
Suiza	67	75	70	67	80	72	76	82	79	78	78	-5.3%	0.1%
Turquía	1.469	1.473	1.533	1.600	1.623	1.608	1.629	1.587	1.525	1.505	1.392	-3.7%	1.7%
Turkmenistán	349	356	360	347	349	356	342	333	307	305	305	-5.3%	0.4%
Ucrania	278	264	257	255	260	266	241	256	260	242	235	-3.0%	0.3%
Reino Unido	636	647	653	658	648	629	651	657	615	624	694	5.8%	0.8%
	82	85	94	96	101	103	111	117	120	125	108	3.9%	0.1%
	284	282	295	310	296	308	338	323	288	256	277	-0.8%	0.3%
	1.704	1.700	1.723	1.766	1.806	1.788	1.716	1.683	1.610	1.590	1.542	-2.6%	1.8%

Uzbekistán	148	145	156	144	111	112	103	101	101	104	91	0.7%	0.1%
Otros de Europa y Eurasia	461	483	509	526	553	562	602	608	581	578	620	-0.4%	0.7%
Total de Europa y Eurasia	19.769	19.750	19.966	20.198	20.356	20.498	20.271	20.358	19.448	19.510	18.924	-0.6%	22.1%
Irán	1.322	1.423	1.509	1.578	1.641	1.728	1.718	1.822	1.787	1.799	1.824	-3.1%	2.1%
Israel	260	260	267	251	257	251	264	259	246	242	240	-0.8%	0.3%
Kuwait	253	273	296	327	359	333	338	359	399	413	438	0.2%	0.5%
Qatar Arabia Saudita	73	84	95	107	122	136	153	174	176	220	238	8.3%	0.2%
Emiratos Árabes Unidos	1.622	1.668	1.780	1.913	2.001	2.074	2.200	2.387	2.624	2.812	2.856	3.7%	3.1%
Otros de Oriente Medio	400	439	488	515	553	584	617	654	616	682	671	5.6%	0.8%
Total de Medio Oriente	1.218	1.228	1.180	1.255	1.291	1.390	1.446	1.499	1.584	1.653	1.809	3.2%	2.2%
Argelia	198	221	230	239	250	258	286	309	327	327	345	5.3%	0.4%
Egipto	537	524	540	556	616	598	638	680	719	757	709	-7.2%	0.8%
Sudáfrica	468	480	497	513	514	528	549	528	517	531	547	0.0%	0.6%
Otros de África	1.278	1.315	1.344	1.400	1.455	1.439	1.501	1.580	1.632	1.676	1.735	-0.6%	2.0%
Total Africa	2.481	2.540	2.611	2.708	2.835	2.824	2.974	3.097	3.195	3.291	3.336	-1.4%	3.9%
Australia	839	839	844	855	886	918	925	936	931	941	1.003	5.7%	1.1%
Bangladesh	80	80	83	83	94	93	93	98	100	101	104	2.2%	0.1%
China	4.859	5.262	5.771	6.738	6.944	7.437	7.817	7.937	8.201	9.057	9.758	5.5%	11.4%
Hong Kong	243	267	269	313	285	305	324	293	280	324	363	1.0%	0.4%
India	2.288	2.376	2.420	2.574	2.567	2.571	2.835	3.068	3.211	3.319	3.473	3.9%	4.0%

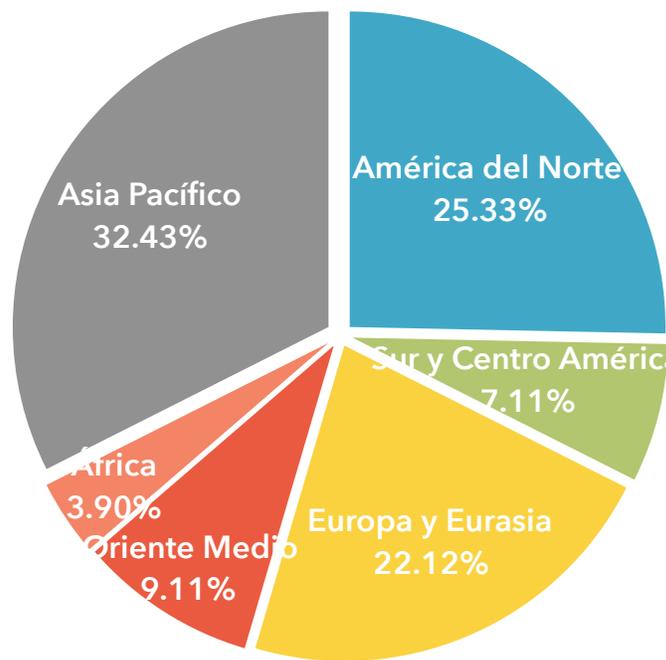
Indonesia	1.160	1.207	1.232	1.306	1.295	1.240	1.270	1.264	1.289	1.304	1.430	-1.1%	1.6%
Japón	5.394	5.320	5.413	5.238	5.334	5.203	5.029	4.836	4.391	4.451	4.418	0.5%	5.0%
Malasia Nueva Zelanda	479	521	513	533	523	512	542	544	538	556	608	0.7%	0.7%
Pakistán	131	136	147	148	152	155	155	156	147	147	148	-1.5%	0.2%
Filipinas	365	356	319	324	311	354	385	386	412	410	408	-0.2%	0.5%
Singapur	345	329	329	338	315	285	300	265	281	282	256	-3.6%	0.3%
Corea del Sur	706	690	660	739	817	865	941	990	1.067	1.185	1.192	3.3%	1.5%
Taiwán	2.259	2.308	2.326	2.283	2.308	2.317	2.389	2.287	2.326	2.384	2.397	-0.1%	2.6%
Tailandia	936	954	994	1039	1049	1.039	1.093	990	983	1026	951	-7.5%	1.1%
Vietnam	831	886	953	1040	1096	1.097	1.088	1.090	1.121	1.128	1.080	2.2%	1.2%
Otros de Asia Pacífico	186	205	220	263	258	254	283	300	304	338	358	8.9%	0.4%
Total de Asia Pacífico	21.353	21.987	22.750	24.081	24.503	24.914	25.753	25.715	25.866	27.237	28.301	2.7%	32.4%
Total del Mundo	77.304	78.268	79.823	82.827	84.126	84.958	86.428	85.999	84.714	87.382	88.034	0.7%	100.0%
de los cuáles:													
OECD	48.139	48.106	48.734	49.566	49.996	49.794	49.611	48.053	45.963	46.438	45.924	-1.2%	51.5%
No-OECD	29.165	30.162	31.090	33.262	34.130	35.164	36.817	37.946	38.751	40.944	42.111	2.8%	48.5%
Unión Europea	14.754	14.679	14.769	14.953	15.101	15.103	14.801	14.757	14.016	13.890	13.478	-2.6%	15.9%
Anterior Unión Soviética	3.754	3.799	3.889	3.942	3.946	4.095	4.156	4.291	4.153	4.349	4.110	5.7%	4.7%

♦ Menos de 0.5%

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.]

En la gráfica 3.3, se muestra el consumo de petróleo por zonas geográficas al final de 2011, como se había mencionado anteriormente, el consumo de éste hidrocarburo, está relacionado con el progreso de las economías, por lo que al respecto, destaca la región de Asia Pacífico con un porcentaje de 32.43% seguido con América del Norte con 25.33%, gracias a la participación de Estados Unidos, el cual sobre pasa al resto de los países en el mundo. Otra importante zona es la región de Europa y Eurasia con una participación de 22.12%. El resto de las zonas geográficas tiene porcentajes menores al 10%.

GRÁFICA 3.3 CONSUMO DE PETRÓLEO POR ZONAS GEOGRÁFICAS AL FINAL DE 2011.



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Oil Trade Movements, *Estatiscal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.7.9 Comercio internacional de petróleo

Dentro del rubro de las importaciones, los datos disponibles se encuentran en forma muy condensada. Se mencionan 4 principales importadores de éste hidrocarburo: Estados Unidos, Europa, Japón y el Resto del Mundo con un volumen de 11.34 (20.8%), 12.09 (22.1%), 4.491 (8.2%), 26.67 (48.9%), millones de barriles diarios respectivamente, para finales del año 2011.⁴¹

Se destaca que los importadores con mayor volumen son: Estados Unidos y Europa, ambos, importan casi la mitad del petróleo que se negocia en el mundo. La otra mitad se importa por el resto del mundo, con base al final del año 2011.⁴²

Se observa una ligera reducción con respecto al año 2010, en el volumen de importaciones para Estados Unidos, Europa y Japón, y que de hecho se observa lo mismo, para cada uno de los años precedentes; no así para el resto del mundo que en comparación con los años anteriores la tendencia sigue en aumento.⁴³

El total de importaciones llevadas a cabo por todo el mundo, para el año de 2011, fue de 54.58 millones de barriles diarios, alrededor del 2% de incremento con respecto al año 2010.⁴⁴

En el rubro de las exportaciones como principal bloque se encuentra el Oriente Medio con 19.75 millones de barriles diarios al final del año 2011, un aumento del 4.6% con respecto al año anterior y con una participación con respecto al total mundial de 36.2%, seguido por la anterior Unión Soviética, en conjunto, con 8.87 millones de barriles diarios, un aumento de 1.7% con referencia al año de 2010 y con un 15.9% del total mundial.⁴⁵

La región de África se encuentra ubicada en el tercer lugar como exportador con un volumen de 6.59 millones de barriles diarios (12%). El bloque de Asia Pacífico tiene un volumen de 6.23 millones de barriles diarios (11.4%) y el bloque de América del Sur y Central con 3.76 (6.9%) y México participa con 1.49 millones de barriles diarios (2.7% del total mundial). Éste último país, vio decrecida sus exportaciones con respecto al año de 2010 en un 3.4%. Por otra parte la nación que más incrementó sus exportaciones fue

⁴¹ Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.], Agencia Internacional de Energía, *Key World Energy Estatics 2014*, Washington, 2014, <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>, (03 de Julio de 2015), pp. 36-39.

⁴² Con base en, *Idem*.

⁴³ Con base en, *Idem*.

⁴⁴ Con base en, *Idem*.

⁴⁵ Con base en, *Idem*.

Estados Unidos, en un 19.4% con respecto al año 2010, seguido por el bloque de Europa con un 9.4% en el mismo periodo.⁴⁶

En la tabla siguiente se puede apreciar con mayor detalle la evolución de las importaciones y exportaciones desde el año 2001 hasta el año 2011.

⁴⁶ Con base en, *Idem*.

Tabla 3.7 Petróleo (Importaciones - Exportaciones- Millones de barriles diarios)

Países	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Cambio	2011
												2011/2010	Participación del total
Importaciones													
Estados Unidos	11.618	11.357	12.254	12.898	13.525	13.612	13.632	12.872	11.453	11.689	11.337	-3.0%	20.8%
Europa #	11.531	11.895	11.993	12.538	13.261	13.461	13.953	13.751	12.486	12.094	12.086	-0.1%	22.1%
Japón	5.202	5.070	5.314	5.203	5.225	5.201	5.032	4.925	4.263	4.567	4.491	-1.7%	8.2%
Resto del Mundo *	16.436	16.291	17.191	18.651	19.172	20.287	22.937	23.078	24.132	25.160	26.666	6.0%	48.9%
Total	44.787	44.613	46.752	49.290	51.182	52.561	55.554	54.626	52.333	53.510	54.580	2.0%	100.0%
Exportaciones													
Estados Unidos	910	904	921	991	1.129	1.317	1.439	1.967	1.947	2.154	2573	19.4%	4.7%
Canadá	1.804	1.959	2.096	2.148	2.201	2.330	2.457	2.498	2.518	2.599	2804	7.9%	5.1%
México	1.882	1.966	2.115	2.070	2.065	2.102	1.975	1.609	1.449	1.539	1487	-3.4%	2.7%
Sur y Centro América	3.143	2.965	2.942	3.233	3.528	3.681	3.570	3.616	3.748	3568	3763	5.5%	6.9%
Europa Anterior Unión Soviética**	1.947	2.234	2.066	1.993	2.149	2.173	2.273	2.023	2.034	1888	2065	9.4%	3.8%
Medio Oriente	4.679	5.370	6.003	6.440	7.076	7.155	8.334	8.184	7.972	8544	8688	1.7%	15.9%
Medio Oriente	19.098	18.062	18.943	19.630	19.821	20.204	19.680	20.128	18.409	18883	19750	4.6%	36.2%
África del Norte	2.724	2.620	2.715	2.917	3.070	3.225	3.336	3.260	2.938	2871	1930	-32.8%	3.5%
Oeste de África	3.182	3.134	3.612	4.048	4.358	4.704	4.830	4.587	4.364	4601	4655	1.2%	8.5%
Pacífico de Asia £	3.914	3.848	3.978	4.189	4.243	4.312	6.004	5.392	5.631	6226	6233	0.1%	11.4%
Resto del Mundo*	1.506	1.551	1.361	1.631	1.542	1.359	1.656	1.363	1.323	637	631	-0.9%	1.2%
Total Mundial	44.789	44.613	46.752	49.290	51.182	52.561	55.554	54.626	52.333	53.510	54.580	2.0%	100.0%

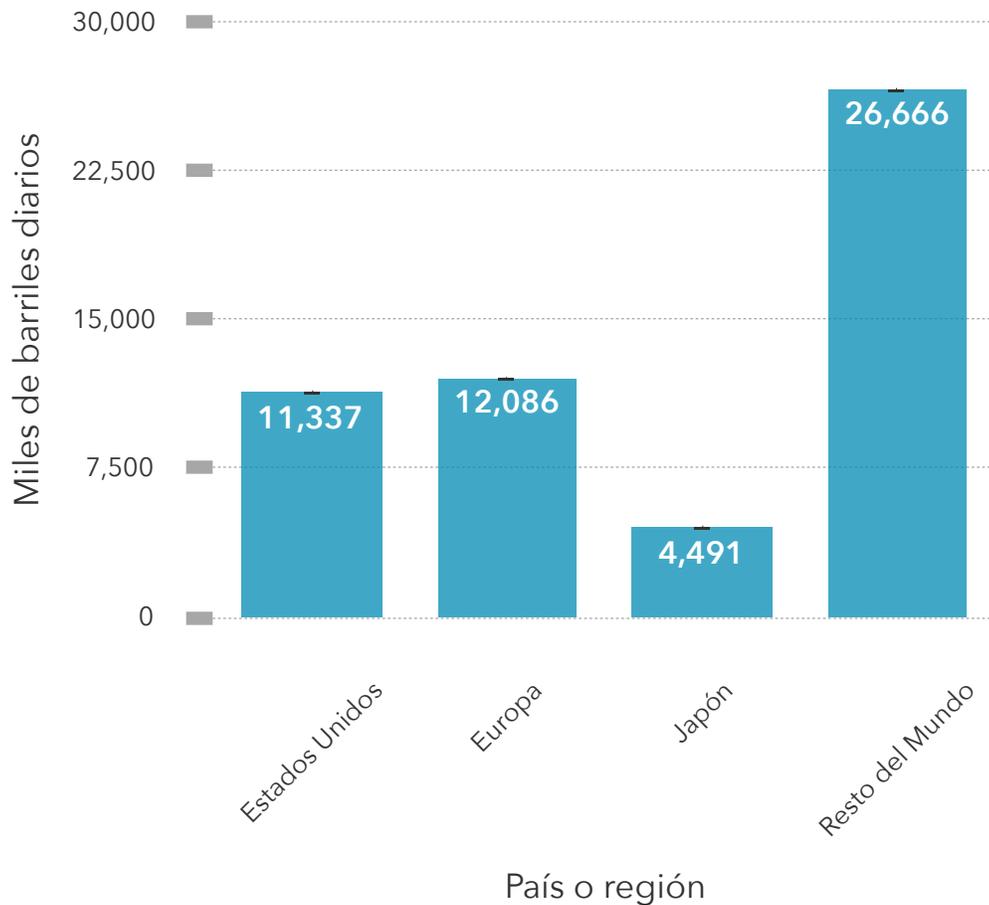
* Incluye comercio no identificados. / n/a no disponible

Antes de 1993, excluye Europa Central (Albania, Bulgaria, República Checa, Anterior Yugoslavia, Hungría, Polonia, Rumania, Eslovaquia). / ** Antes de 1993, incluye Europa Central and excluye movimientos entre la Anterior Unión Soviética y Europa Central.

£ Excluye Japón y también comercio entre Otros Países de Asia y Singapur antes de 1993 y la India antes de 2007. / Nota: Los cambios anuales y participación con respecto al total son calculados usando cifras en miles de barriles diarios

Como se puede observar, en la gráfica 3.4 (Importaciones de petróleo al final de 2011), el mayor importador de petróleo en el mundo son los Estados Unidos, con un volumen de 11,337 millones de barriles diarios, éste país, está casi a la par de toda la región europea (12,086). Japón también tiene un importante volumen de importaciones con 4,491 millones de barriles diarios. Esto deja ver la importancia de las Economías de estos países y regiones.

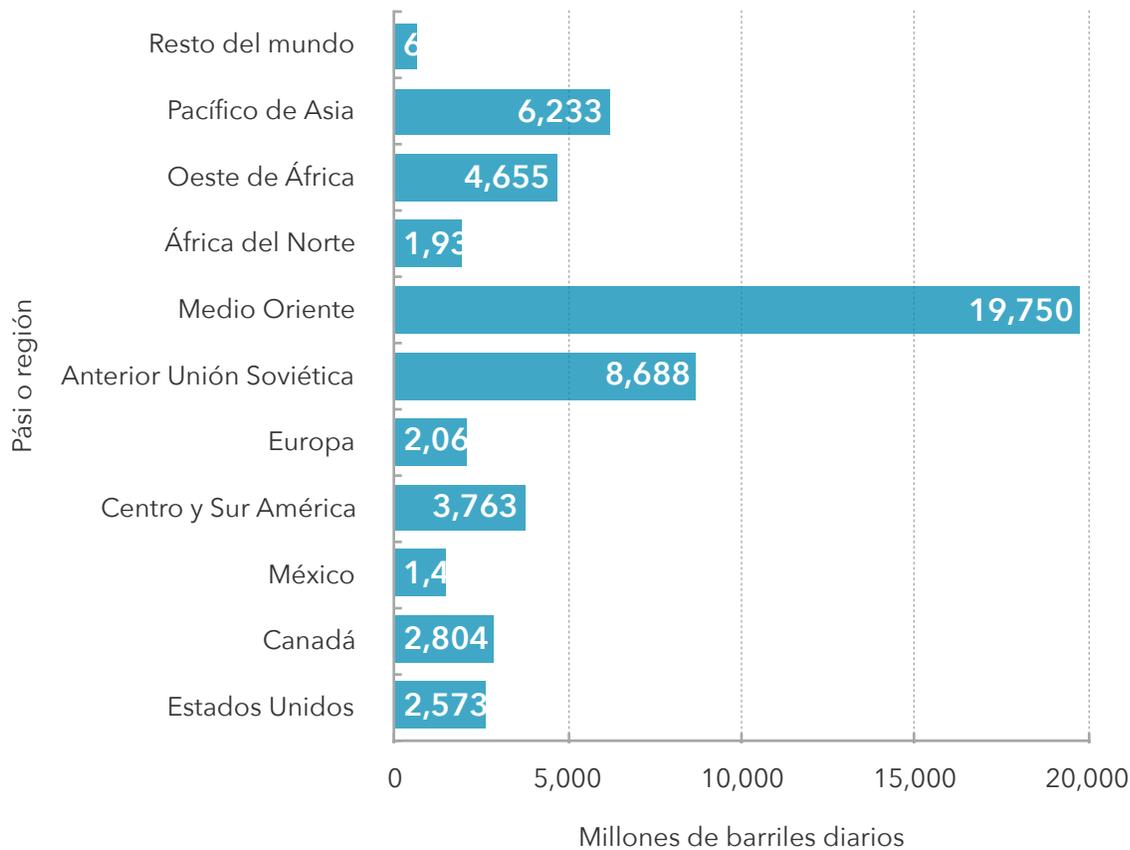
GRÁFICA 3.4 IMPORTACIONES DE PETRÓLEO POR PAÍS Y/O REGIÓN A FINALES DE 2011 (MILES DE BARRILES DIARIOS)



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

La región más importante en cuanto a volumen de exportaciones de petróleo es el Oriente Medio, en la gráfica 3.5, se aprecia que ésta región maneja un volumen de exportaciones, al final de 2011, de 19,750 millones de barriles diarios. El segundo exportador más importante a nivel mundial es la anterior Unión Soviética, con un volumen de 8,688 millones de barriles diarios.

GRÁFICA 3.5 VOLUMEN DE EXPORTACIONES DE PETRÓLEO POR PAÍS O REGIÓN A FINALES DE 2011 (MILLONES DE BARRILES DIARIOS)



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.7.10 Importancia del petróleo

Con el advenimiento de la industria del petróleo, se revolucionaron las condiciones de este planeta; el petróleo ha marcado el rumbo del crecimiento económico y ha sido la base de estrategias mundiales desde su descubrimiento. Se puede decir, que a nivel mundial, se seguirá teniendo una posición estratégica con los hidrocarburos en las próximas décadas.

La generación de energía en el mundo actual tiene como ejes principales a los combustibles fósiles, principalmente petróleo, gas natural y carbón. Estos tres energéticos representan cerca del 90% de participación como fuentes de energía. Sin embargo, a pesar del desarrollo que se pueda lograr con respecto a las fuentes energéticas no fósiles, como son biomasa, hidrógeno, eólica, etc., se estima que las fuentes de energía fósiles seguirán siendo fundamentales en el desarrollo económico del mundo.⁴⁷

Un detonante en la producción del petróleo y sus derivados como la gasolina, por ejemplo, fue la invención del automóvil, el cuál creó un nuevo y vasto mercado para los combustibles. Esto propició el consumo masivo de gasolina y en términos generales el transporte terrestre y aéreo en el ámbito mundial, se ha desarrollado en estrecha relación con la producción y uso del petróleo. Hoy en día se distribuye más de 80 millones de barriles de petróleo por día a través de barcos. Más del 70% del petróleo consumido en el mundo es transportado por este medio.⁴⁸

3.7.11 Hitos en la historia del petróleo⁴⁹

A lo largo del siglo XX hubo una serie de grandes descubrimientos de hidrocarburos como se enuncia a continuación:

Tabla 3.8 Descubrimientos de hidrocarburos por país y año.

País	Año
Irán	1901
Texas	1901
California	1903
México	1910

⁴⁷ Con base en, Secretaría de Energía, *Balance Nacional de Energía*, México, 2012, <[http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/Balance%20Nacional%20de%20Energia%202012%20\(Vf\).pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/Balance%20Nacional%20de%20Energia%202012%20(Vf).pdf)>, (10 de junio de 2015), p.17.

⁴⁸ Con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, p. p. 60-62 y Naciones Unidas, *El Transporte Marítimo, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo*, Publicación de las Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra, 2008, pp. 76, 77.

⁴⁹ Con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 18-20.

Venezuela	1922
Irak	1927
Arabia Saudita	1933-1938
Mar del Norte	1969

Fuente: Elaboración propia con base en, Salvador Ortuño Arzate,

El mundo del petróleo, origen usos y escenarios, México, Fondo de Cultura Económica, 2009, pp. 18-20.

Un acontecimiento importante en cuanto a la administración del petróleo, se registró en 1960. Los países productores más importantes fundaron la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Sus fundadores, fueron: Arabia Saudita, Irán, Irak, Kuwait y Venezuela, tiempo después se adhirieron: Qatar, Indonesia, Libia, Emiratos Árabes Unidos, Argelia y Nigeria.

Éste organismo ha desempeñado un importante papel en el mercado petrolero mundial, primordialmente durante las crisis petroleras de la década de 1970, en la que la volatilidad de los precios tuvo un papel central.

Posteriormente y para contrarrestar a la OPEP, varios países consumidores –entre ellos los Estados Unidos y algunos países europeos– fundaron la Agencia Internacional de Energía (AIE), en 1974, la cual ha tenido desde entonces una presencia fundamental en el ámbito petrolero y geopolítico mundial.

A pesar de nuevos e importantes yacimientos descubiertos durante los años de la década de 1970, así como de los incrementos sustantivos de las reservas petroleras de algunos países o regiones en el ámbito mundial, en algunos lugares del mundo se comenzó un proceso de declinación de su producción petrolera tal es el caso de los Estados Unidos quien al final de ésta década ha tenido que aumentar paulatinamente, desde entonces, sus importaciones petroleras.

En vista de lo anterior, es imperioso conocer los escenarios actuales y futuros en torno al petróleo, las estrategias energéticas que se deben derivar de ello, y las situaciones económicas, sociales y políticas tanto para el mundo como para México. El futuro de México se encuentra estrechamente vinculado a sus recursos energéticos, a la búsqueda de soluciones y estrategias que permitan conducir al país al desarrollo económico. El petróleo y la forma de obtener y usar la energía han estado y estarán en el centro de las preocupaciones y estrategias de las naciones, y por ende de México.

3.7.12 La industria del petróleo en México⁵⁰

Las principales cuencas sedimentarias productoras de hidrocarburos en México son: Sabinas, Burgos, Tampico-Misantla, Veracruz, Salina del Istmo, Del sureste, Sonda Marina de Campeche y la Región profunda del Golfo de México, extendiéndose también hacia la región marina inmediata.

Mar adentro, hacia la porción profunda del Golfo de México, se han identificado las siguientes sub-provincias geológico-sedimentarias: Delta del Río Bravo, Franja de Sal Alóctona, Cinturón Plegado de Perdido, Franja Distensiva, Cordilleras Mexicanas, Salina del Golfo Profundo, Escarpe de Campeche, Cañón de Veracruz y Planicie Abisal. Estas sub-provincias han sido poco estudiadas.

Además de los estudios realizados en las cuencas mencionadas anteriormente, también se han llevado a cabo actividades exploratorias en los estados de Chihuahua, Coahuila, Baja California, así como en la Sierra Madre Oriental, la Sierra de Chiapas, Campeche y la Península de Yucatán. En éstas entidades se han presentado indicios de la existencia de hidrocarburos con potencial para la explotación comercial sólo que su potencial menor las sitúa en un plano secundario dentro de la actividad exploratoria de corto plazo, es decir, permanecen en la categoría de recursos potenciales para etapas futuras.

De acuerdo con el grado de conocimiento en que se encuentran las provincias y cuencas petroleras, estas se pueden clasificar y ubicar en los siguientes grupos:

1. Áreas productoras tradicionales:
 - a) Provincias maduras (por ejemplo, las áreas productoras más antiguas del Estado de Veracruz, como la región de Poza Rica y de Tampico).
 - b) Provincias moderadamente exploradas (como la cuenca de Veracruz y la cuenca del sureste).
2. Áreas nuevas o áreas frontera:
 - a) Provincias poco exploradas (como la región del Golfo de California).
 - b) Provincias sin exploración (es el caso de las áreas profundas del Golfo de México).

⁵⁰ Con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 96-100 y Francisco Mariel Lezama, *Historia de la Exploración Petrolera en México*, México, PEMEX, [s.a.], <<http://www.ref.pemex.com/octanaje/23explo.htm>>, (01 de mayo de 2015), [s.p.].

Estos aspectos son fundamentales para conocer los escenarios futuros de la producción y las reservas disponibles para los próximos 10, 20 o 30 años en México. Esto permitirá estimar los objetivos exploratorios y definir las estrategias para la incorporación de nuevas reservas o la reposición de las ya explotadas.

El objetivo de los estudios y procesos de exploración es determinar y evaluar los recursos petroleros de las cuencas sedimentarias en una primera instancia, y finalmente, con más precisión, evaluar y cuantificar las reservas posibles, probables y en definitiva, las reservas probadas que existen en una cuenca o provincia geológica. Después de que esto se ha realizado, se procede a desarrollar e instrumentar la explotación de los yacimientos descubiertos. Hecho lo anterior, se puede decir que se ha cubierto la etapa de la exploración y producción de hidrocarburos en una provincia o región. En este conocimiento, en la evaluación y la explotación de los recursos naturales descubiertos es donde descansa la planeación energética y las estrategias de desarrollo económico instrumentadas por un país o Estado.

En el marco de los escenarios actuales, y de los avances de la exploración para aumentar las reservas probadas y, por ende, sostener la producción planeada, se han puesto en práctica en México algunas estrategias que es importante mencionar. Éstas acciones van encaminadas, sobre todo, a las actividades de exploración; las principales líneas son las bosquejadas a continuación:

1. En el corto plazo:

Se llevarán acciones de exploración intensiva en las áreas productoras de la planicie Costera y de la Plataforma Continental del Golfo de México. Se realizarán actividades de exploración para gas no asociado en las cuencas de Burgos, Veracruz y Macuspana; para la exploración de aceite ligero con alta relación de gas asociado en las áreas de Campeche, Tabasco, Chiapas y la Cuenca de Salina del Istmo, así como en Chicontepec, donde se pronostican importantes montos de incorporación de nuevas reservas y, por ende, extracciones crecientes de hidrocarburos hacia el futuro.

2. En el corto y mediano plazos:

Se planea llevar a cabo la exploración intensiva en las áreas marinas aún no productoras de la Plataforma Continental del Golfo de México, como son la sección de Burgos, Veracruz, Cuenca del Istmo y Reforma Comalcalco.

3. En el mediano y largo plazo

Actividades de exploración en áreas frontera de mayor riesgo exploratorio, como las áreas marinas del Talud Continental, hasta la profundidad de 3,000 m de tirante de agua. En ésta categoría se encuentran las áreas del Cinturón Plegado del Perdido, las Cordilleras Mexicanas y el Golfo de México más profundo. Las actividades de exploración en regiones abisales –o muy profundas en áreas marinas– se estiman realizables en los próximos años.

3.8 El Gas Natural⁵¹

El gas natural es un energético de origen fósil y se encuentra normalmente en el subsuelo continental marino. Es una mezcla de gases ligeros, alojado en yacimientos de petróleo, ya sea en forma disuelta o asociada con el petróleo, y también en depósitos de carbón. Se manifiesta en condiciones ambientales normales de presión y temperatura.

El gas natural se acumula entre la porosidad de las rocas subterráneas. Pero en ocasiones, el gas natural se queda atrapado debajo de la tierra por rocas sólidas que evitan que el gas fluya, formándose lo que se conoce como un yacimiento.

Aunque su composición varía en función del yacimiento en donde se obtiene, está compuesto principalmente de 90 a 95 por ciento de metano y suele contener otros gases como etano, propano y butano, así como nitrógeno y helio. De ahí que se busquen reservas de gas natural donde existen grandes cantidades de metano.

El gas natural se enfría a temperaturas de -127°C para poderlo transportar y almacenar más fácilmente, debido a que ocupa 600 veces menos de su capacidad en forma de líquido que en forma de gas.

Con respecto al gas natural, actualmente los usos más comunes son los siguientes:

- a) En el consumo doméstico para la generación de calor ya sea para calefacción o para las necesidades particulares de los hogares como cocinar o calentar el agua.
- b) En el consumo industrial, ya que se utiliza como fuente de energía dentro de los procesos químicos o físicos que requieren la generación de calor, de electricidad, vapor, etc.
- c) En el consumo vehicular, en motores de combustión interna diseñados para

⁵¹ Con base en, Salvador Ortuño Arzate, *op. cit.*, pp. 43-46, 59, Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Whashington, 2012, < http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=natural_gas_home>, (06 agosto 2013) [s.p.].

utilizar el gas. Éste uso se ha estimulado para áreas urbanas, con la finalidad de disminuir las emisiones contaminantes de bióxido de carbono, que el uso extensivo del transporte vehicular ha provocado recientemente en varias ciudades del mundo.

- d) Como vector energético para la generación de energía eléctrica. Actualmente el número de plantas de generación de energía eléctrica que utilizan el gas natural ha aumentado en varios países. El uso del gas natural para la generación de energía eléctrica ha permitido reducir la emisión de bióxido de carbono a la atmósfera, a diferencia de otros combustibles fósiles, aumentando también la eficiencia de tales plantas de generación.

Existen más de 500,000 kilómetros de tendido de oleoductos y gaseoductos en el mundo, y muchos más millones de pies cúbicos de gas diariamente en el ámbito mundial. Los barcos que transportan gas, llamados metaneros, deben llevar enormes cantidades de gas enfriado y licuado a -160°C , lo cual se realiza para facilitar su manejo.

En los últimos años, se ha incrementado el uso del gas natural en las plantas de ciclo combinado para la generación de electricidad debido a sus características de eficiencia energética y por una menor cantidad de bióxido de carbono que emiten a la atmósfera.

3.8.1 Reservas de gas natural

En la tabla 3.9, se puede apreciar que la región de América del Norte, en conjunto, suma 12.5 años de reservas y con una participación del 5.2% con respecto al total mundial. De ésta región, el país que cuenta con más reservas de gas natural es Estados Unidos con un porcentaje de participación del 5.1%, Canadá participa con 1% y México con el 0.2%, ésta cifra representa para México cerca de 7 años de reservas. La región de Sur y Centro América tiene una participación con respecto al total mundial de 3.6%, y con 45.2 años de reservas, y el país que sobresale por mucho en éste rubro, es Venezuela con una cantidad de reservas mayor a 100 años, según su relación reservas / producción, sin embargo, de acuerdo a ésta misma relación, tiene una participación con respecto al total mundial, de 2.7%. El resto de los países en ésta zona, tiene un porcentaje de 0.2% con respecto al total. Perú y Brasil también tienen una importante contribución con 31.1 años y 27.1 años respectivamente.⁵²

⁵² Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatisal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.], Agencia Internacional de Energía, *Key World Energy Estatics 2014*, Washington, 2014, <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>, (03 de Julio de 2015), pp. 6-9.

La región de Europa y Eurasia tiene una importante participación en el total mundial con un 37.8%, y son cuatro los países que tienen reservas superiores a los 50 años, Kazajstán, Azerbaiján, Federación Rusa y Ucrania, cada uno con 97.6, 85.8, 73.5 y 51.3 años respectivamente.⁵³

El sector mundial más importante en cuanto a las reservas de gas natural es el Oriente Medio. En conjunto, ésta región tiene reservas para más de 100 años. Irán, Iraq, Kuwait, Arabia Saudita y Emiratos Árabes Unidos, tienen reservas de ésta cantidad de años. Ésta zona participa con el 38.4% del total mundial de reservas.⁵⁴

Otra región de suma importancia, es la de África, en ella países como Nigeria y Libia tienen reservas de gas natural para más de 100 años, pero también países como Argelia y Egipto tienen depósitos de 57.7 y 35.7 años respectivamente. Ésta zona contribuye con el 7% del total mundial de reservas en el mundo.⁵⁵

La región de Asia Pacífico, tiene importantes reservas que contribuyen en el total mundial con el 8%, de igual manera, tiene depósitos para 35 años. De ésta zona sobresalen países como Papúa Nueva Guinea, Australia, Vietnam, Malasia e Indonesia, todas ellas con más de 100, 83.6, 39.4 y 39.2 años de reservas, respectivamente. La suma total mundial de reservas probadas de gas natural, al final de 2011, como promedio, es de 63.6 años.⁵⁶

⁵³ Con base en, *Idem.*

⁵⁴ Con base en, *Idem.*

⁵⁵ Con base en, *Idem.*

⁵⁶ Con base en, *Idem.*

Tabla 3.9 Gas Natural (Reservas en Trillones de Metros Cúbicos)

Países	Al final de 1990	Al final de 2000	Al final de 2010	Trillones de Pies cúbicos	Al final de 2011	Participación del total	Reservas/Producción Años
Estados Unidos	4.8	5.0	8.2	299.8	8.5	4.1%	13.0
Canadá	2.7	1.7	1.8	70.0	2.0	1.0%	12.4
México	2.0	0.8	0.3	12.5	0.4	0.2%	6.7
Total de Norte América	9.5	7.5	10.3	382.3	10.8	5.2%	12.5
Argentina	0.7	0.8	0.4	12.0	0.3	0.2%	8.8
Bolivia	0.1	0.7	0.3	9.9	0.3	0.1%	18.3
Brasil	0.1	0.2	0.4	16.0	0.5	0.2%	27.1
Colombia	0.1	0.1	0.2	5.8	0.2	0.1%	14.9
Perú	0.3	0.2	0.4	12.5	0.4	0.2%	31.1
Trinidad y Tobago	0.3	0.6	0.4	14.2	0.4	0.2%	9.9
Venezuela	3.4	4.2	5.5	195.2	5.5	2.7%	*
Otros de Sur y Centro América	0.2	0.1	0.1	2.2	0.1	♦	23.7
Total de Sur y Centro América	5.2	6.9	7.5	267.7	7.6	3.6%	45.2
Azerbaijón	n/a	1.2	1.3	44.9	1.3	0.6%	85.8
Dinamarca	0.1	0.1	0.1	1.6	^	♦	6.5
Alemania	0.2	0.2	0.1	2.2	0.1	♦	6.2
Italia	0.3	0.2	0.1	3.1	0.1	♦	11.4
Kazajstán	n/a	1.8	1.9	66.4	1.9	0.9%	97.6
Holanda	1.8	1.5	1.1	38.9	1.1	0.5%	17.2
Noruega	1.7	1.3	2.0	73.1	2.1	1.0%	20.4
Polonia	0.2	0.1	0.1	4.3	0.1	0.1%	28.3

Rumania	0.1	0.3	0.6	3.8	0.1	0.1%	9.9
Federación Rusa	n/a	42.3	44.4	1575.0	44.6	21.4%	73.5
Turkmenistán	n/a	2.6	13.4	858.8	24.3	11.7%	*
Ucrania	n/a	1.0	0.9	33.0	0.9	0.4%	51.3
Reino Unido	0.5	1.2	0.2	7.1	0.2	0.1%	4.5
Uzbekistán	n/a	1.7	1.6	56.6	1.6	0.8%	28.1
Otros de Europa y Eurasia	49.7	0.5	0.3	10.0	0.3	0.1%	29.4
Total de Europa y Eurasia	54.5	55.9	68.0	2778.8	78.7	37.8%	75.9
Bahrein	0.2	0.1	0.2	12.3	0.3	0.2%	26.8
Irán	17.0	26.0	33.1	1168.6	33.1	15.9%	*
Iraq	3.1	3.1	3.2	126.7	3.6	1.7%	*
Kuwait	1.5	1.6	1.8	63.0	1.8	0.9%	*
Omán	0.3	0.9	0.9	33.5	0.9	0.5%	35.8
Qatar	4.6	14.4	25.0	884.5	25.0	12.0%	*
Arabia Saudita	5.2	6.3	8.0	287.8	8.2	3.9%	82.1
Siria	0.2	0.2	0.3	10.1	0.3	0.1%	34.3
Emiratos Árabes Unidos	5.6	6.0	6.1	215.1	6.1	2.9%	*
Yemen	0.2	0.5	0.5	16.9	0.5	0.2%	50.7
Otros de Oriente Medio	^	0.1	0.2	7.8	0.2	0.1%	49.3
Total de Medio Oriente	38.0	59.1	79.4	2826.3	80.0	38.4%	*
Argelia	3.3	4.5	4.5	159.1	4.5	2.2%	57.7
Egipto	0.4	1.4	2.2	77.3	2.2	1.1%	35.7
Libia	1.2	1.3	1.5	52.8	1.5	0.7%	*
Nigeria	2.8	4.1	5.1	180.5	5.1	2.5%	*
Otros de África	0.8	1.1	1.2	43.5	1.2	0.6%	63.4
Total de África	8.6	12.5	14.5	513.2	14.5	7.0%	71.7

Australia	0.9	2.2	3.7	132.8	3.8	1.8%	83.6
Bangladesh	0.7	0.3	0.4	12.5	0.4	0.2%	17.8
Brunei	0.3	0.4	0.3	10.2	0.3	0.1%	22.5
China	1.0	1.4	2.9	107.7	3.1	1.5%	29.8
India	0.7	0.8	1.1	43.8	1.2	0.6%	26.9
Indonesia	2.9	2.7	3.0	104.7	3.0	1.4%	39.2
Malasia	1.6	2.3	2.4	86.0	2.4	1.2%	39.4
Myanmar	0.3	0.3	0.2	7.8	0.2	0.1%	17.8
Pakistán	0.6	0.7	0.8	27.5	0.8	0.4%	19.9
Papua Nueva Guinea	0.2	0.4	0.4	15.6	0.4	0.2%	*
Tailandia	0.2	0.4	0.3	9.9	0.3	0.1%	7.6
Vietnam	^	0.2	0.6	21.8	0.6	0.3%	72.3
Otros de Asia Pacífico	0.3	0.3	0.4	12.1	0.3	0.2%	18.9
Total de Asia Pacífico	9.9	12.3	16.5	592.5	16.8	8.0%	35.0
Total del Mundo	125.7	154.3	196.1	7360.9	208.4	100.0%	63.6
De los cuáles: OCDE	15.7	14.7	18.1	660.2	18.7	9.0%	16.0
No-OCDE	109.9	139.6	178.0	6700.7	189.7	91.0%	90.0
Unión Europea	3.4	3.8	2.3	64.4	1.8	0.9%	11.8
Anterior Unión Soviética	49.3	50.8	63.5	2638.5	74.7	35.8%	96.3

* Más de 100 años

^ Menos de 0.05

♦ Menos de 0.05%.

n/a No disponible

Notas: Las reservas probadas de gas - Generalmente son aquellas que están en cantidades que indica la información geológica y de ingeniería que con seguridad pueden ser descubiertas en el futuro de conocidos depósitos de reservas bajo condiciones económicas y operativas existentes .

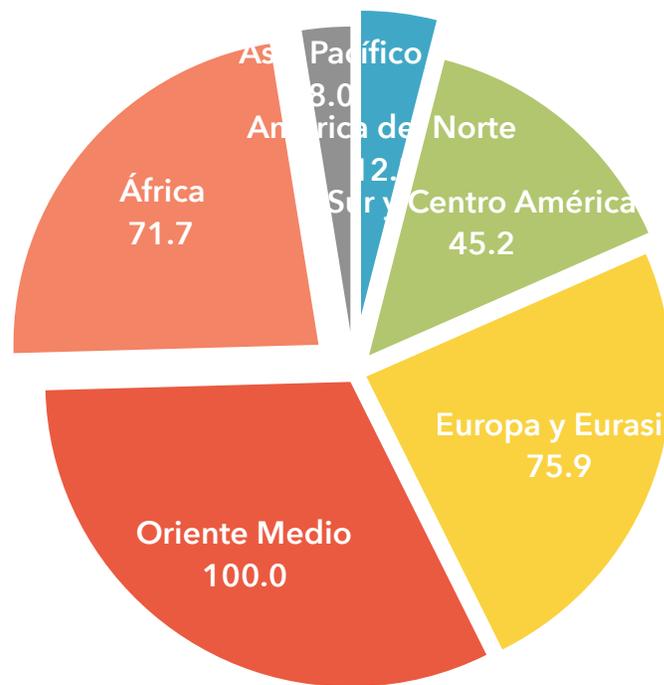
La razón Reservas /Producción (R/P) - Si las reservas restantes al final de cada año son divididas por la producción en ese año, el resultado es el periodo o longitud de tiempo que aquellas reservas restantes durarían si la producción fuera a continuar a esa misma tasa

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Gas Proved Reserves, *Estatiscal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012,

<<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la gráfica 3.6 se presentan cifras en cuanto a las reservas de gas natural en el mundo, de acuerdo a las siguientes zonas geográficas, ésta gráfica, deja ver que la región con mayores cantidades en éste rubro, es el Oriente Medio, con cifras de 100 años, seguido por Europa y Eurasia con casi 76 años y la tercera región en orden de importancia, es África con reservas para poco más de 71 años y por último se encuentra la región de Sur y Centro América, en este mismo orden de importancia, con 45.2 años de reservas.

GRÁFICA 3.6 RESERVAS DE GAS NATURAL EN AÑOS POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Oil Trade Movements, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.8.2 Producción de gas natural

En cuanto a la producción de gas natural a nivel mundial, por día, como se observa en la tabla 3.10, de la página siguiente, la región de América del norte es una de las más importantes en el mundo, en vista de que contribuye con el 26.5% del volumen de producción total y en ésta sobresale Estados Unidos ya que tan solo en ésta nación, se produce una quinta parte del total mundial de gas natural, lo que representa 63 billones de pies cúbicos. Canadá participa con un 4.9% del total mundial (15.5 billones de pies cúbicos) y México con el 1.6% (5.1 billones de pies cúbicos). La región de América del Sur y Central tiene muy poca producción de éste gas. Argentina y Trinidad y Tobago participa, cada uno de ellos, con 1.2% del total mundial. En suma ésta zona contribuye con el 5.1%.⁵⁷

El sector productivo más importante, es el de Europa y Eurasia, en su totalidad contribuye con el 31.6%, representando 100.3 billones de pies cúbicos, y de ésta región el país más importante es la Federación Rusa, en vista de que éste país posee cerca de la quinta parte de la producción mundial, 58.7 billones de pies cúbicos, como citamos antes, al igual que los Estados Unidos.⁵⁸

Otra región de importancia, es la del Oriente Medio, en suma ésta región contribuye con el 16% al total mundial y sobresalen países como Irán, Qatar, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos, todos ellos participan con el 4.6%, 4.5%, 3% y 1.6%, respectivamente.⁵⁹

La región de África participa con el 6.2% y de ésta misma, los países que tienen mayor porcentaje de participación son: Argelia, Egipto y Nigeria, todos ellos con 2.4%, 1.9%, y 1.2% en ese mismo orden.⁶⁰

La última región, Asia Pacífico, los países con mayor participación son: China, Indonesia, Malasia y la India, todos ellos con 3.1%, 2.3%, 1.9% y 1.4%, respectivamente. Ésta zona en su conjunto, suma un porcentaje de participación de 14.6%. El total mundial de producción de gas natural por día fue de 317 billones de pies cúbicos, (3,276 billones de metros cúbicos) un aumento del 3.1% con respecto al año anterior de 2010.⁶¹

⁵⁷ Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatisal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.], Agencia Internacional de Energía, *Key World Energy Estatics 2014*, Washington, 2014, <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>, (03 de Julio de 2015), pp. 12, 13.

⁵⁸ Con base en, *Idem*.

⁵⁹ Con base en, *Idem*.

⁶⁰ Con base en, *Idem*.

⁶¹ Con base en, *Idem*.

Tabla 3.10 Producción de Gas Natural (en Billones de pies cúbicos por día)

Países	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Variación 2011/2010	2011
													Participación del total
Estados Unidos	53.7	51.9	52.3	50.8	49.5	50.7	52.8	55.1	56.5	58.4	63.0	7.7%	20.0%
Canadá	18.0	18.2	17.9	17.7	18.1	18.2	17.7	17.0	15.9	15.5	15.5	0.3%	4.9%
México	3.7	3.8	4.0	4.1	4.4	5.0	5.2	5.2	5.3	5.3	5.1	-4.7%	1.6%
TOTAL DE NORTE AMÉRICA	75.5	73.9	74.2	72.6	71.9	73.9	75.6	77.3	77.6	79.2	83.6	5.5%	26.5%
Argentina	3.6	3.5	4.0	4.3	4.4	4.5	4.3	4.3	4.0	3.9	3.8	-3.3%	1.2%
Bolivia	0.5	0.5	0.6	0.9	1.2	1.2	1.3	1.4	1.2	1.4	1.5	8.1%	0.5%
Brasil	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.1	1.4	1.6	16.2%	0.5%
Colombia	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	-2.7%	0.3%
Perú	^	^	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.7	1.1	56.9%	0.3%
Trinidad y Tobago	1.5	1.7	2.5	2.6	3.0	3.5	3.8	3.8	3.9	4.1	3.9	-4.2%	1.2%
Venezuela	2.9	2.7	2.4	2.7	2.7	3.0	2.9	2.9	2.8	2.9	3.0	3.2%	0.9%
Otros de Sur y Centro América	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	-8.3%	0.1%
TOTAL DEL SUR Y CENTRO AMÉRICA	10.1	10.3	11.5	12.7	13.4	14.6	14.8	15.2	14.7	15.7	16.2	3.0%	5.1%
Azerbaijón	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.9	1.4	1.4	1.5	1.4	-1.8%	0.5%
Dinamarca	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	0.8	0.7	-14.0%	0.2%
Alemania	1.6	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	-5.9%	0.3%
Italia	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7%	0.2%
Kazajstán	1.0	1.0	1.2	1.9	2.2	2.3	2.6	2.9	1.7	1.7	1.9	9.6%	0.6%
Holanda	6.0	5.8	5.6	6.6	6.1	6.0	5.9	6.4	6.1	6.8	6.2	-9.0%	2.0%
Noruega	5.2	6.3	7.1	7.6	8.2	8.5	8.7	9.6	10.0	10.3	9.8	-4.6%	3.1%
Polonia	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	4.3%	0.1%
Rumania	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4%	0.3%
Federación Rusa	50.9	52.1	54.3	55.3	56.1	57.6	57.3	58.1	51.1	57.0	58.7	3.1%	18.5%
Turkmenistán	4.5	4.7	5.2	5.1	5.5	5.8	6.3	6.4	3.5	4.1	5.8	40.6%	1.8%
Ucrania	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	0.4%	0.6%

Reino Unido	10.2	10.0	10.0	9.3	8.5	7.7	7.0	6.7	5.8	5.5	4.4	-20.8%	1.4%
Uzbekistán	5.0	5.0	5.0	5.2	5.2	5.3	5.7	6.0	5.8	5.8	5.5	-4.4%	1.7%
Otros de Europa y Eurasia	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	-2.0%	0.3%
TOTAL DE EUROPA Y EURASIA	91.6	93.6	96.9	99.6	100.4	101.8	101.9	104.8	92.4	99.4	100.3	0.9%	31.6%
Bahrein	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	-0.8%	0.4%
Irán	6.4	7.3	7.9	8.2	10.0	10.5	10.8	11.2	12.7	14.1	14.7	3.9%	4.6%
Iraq	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	42.0%	0.1%
Kuwait	1.0	0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	10.4%	0.4%
Omán	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.3	2.3	2.3	2.4	2.6	2.6	-2.2%	0.8%
Qatar	2.6	2.9	3.0	3.8	4.4	4.9	6.1	7.4	8.6	11.3	14.2	25.8%	4.5%
Arabia Saudita	5.2	5.5	5.8	6.3	6.9	7.1	7.2	7.8	7.6	8.5	9.6	13.2%	3.0%
Siria	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	8.7%	0.3%
Emiratos Árabes Unidos	4.3	4.2	4.3	4.5	4.6	4.7	4.9	4.8	4.7	5.0	5.0	0.9%	1.6%
Yemen	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.6	0.9	51.3%	0.3%
Otros de Medio Oriente	^	^	^	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	31.0%	0.1%
TOTAL DE MEDIO ORIENTE	22.6	23.9	25.4	27.5	31.0	32.8	34.6	37.1	39.4	45.7	50.9	11.4%	16.0%
Argelia	7.6	7.8	8.0	7.9	8.5	8.2	8.2	8.3	7.7	7.8	7.5	-3.0%	2.4%
Egipto	2.4	2.6	2.9	3.2	4.1	5.3	5.4	5.7	6.1	5.9	5.9	-0.1%	1.9%
Libia	0.6	0.6	0.5	0.8	1.1	1.3	1.5	1.5	1.5	1.6	0.4	-75.6%	0.1%
Nigeria	1.4	1.4	1.9	2.2	2.2	2.8	3.4	3.4	2.4	3.5	3.9	9.0%	1.2%
Otros de África	0.7	0.6	0.7	0.9	1.0	1.0	1.2	1.5	1.6	1.8	1.9	5.4%	0.6%
TOTAL DE ÁFRICA	12.7	13.0	14.0	14.9	16.9	18.5	19.7	20.4	19.3	20.7	19.6	-5.1%	6.2%
Australia	3.1	3.1	3.2	3.5	3.6	3.9	4.0	4.0	4.1	4.4	4.4	-1.3%	1.4%
Bangladesh	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	-0.1%	0.6%
Brunei	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2	4.2%	0.4%
China	2.9	3.2	3.4	4.0	4.8	5.7	6.7	7.7	8.2	9.2	9.9	8.1%	3.1%
India	2.6	2.7	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	3.8	4.9	4.5	-9.3%	1.4%
Indonesia	6.1	6.7	7.1	6.8	6.9	6.8	6.5	6.7	7.0	7.9	7.3	-7.8%	2.3%
Malasia	4.5	4.7	5.0	5.2	5.9	6.1	6.2	6.2	6.2	6.1	6.0	-1.3%	1.9%
Mynamar	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2	2.6%	0.4%
Pakistán	2.2	2.4	2.9	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	3.8	-1.2%	1.2%
Tailandia	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.8	3.0	3.5	3.6	2.0%	1.1%
Vietnam	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	-9.2%	0.3%
Otros de Asia Pacífico	0.9	1.1	1.0	1.0	1.1	1.4	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.0%	0.6%

TOTAL DE ASIA PACÍFICO	27.3	29.0	31.1	32.6	35.2	37.1	38.9	40.6	42.6	46.8	46.4	-0.9%	14.6%
Total del Mundo	239.8	243.8	253.2	259.9	268.8	278.7	285.5	295.5	286.0	307.5	317.0	3.1%	100.0%
de los cuales: OCDE	106.1	105.1	105.7	105.4	104.1	105.7	106.6	109.4	108.5	111.1	113.0	1.7%	35.8%
NO OCDE	133.7	138.6	147.4	154.6	164.6	173.0	178.8	186.0	177.4	196.4	204.0	3.8%	64.2%
Unión Europea #	22.5	22.0	21.6	21.9	20.5	19.5	18.1	18.3	16.6	16.9	15.0	-11.4%	4.7%
Anterior Unión Soviética	63.6	65.0	67.9	69.8	71.4	73.4	74.7	76.6	65.4	71.8	75.1	4.6%	23.6%

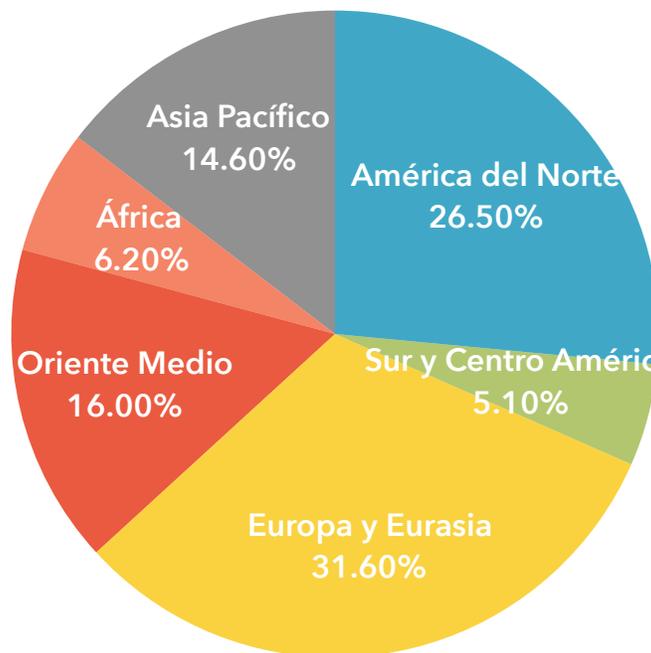
^ Menos de 0.05.

Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 and Eslovenia antes de 1991.

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Gas Production, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la producción de gas natural, la región que presenta mayores cantidades en éste rubro, es Europa y Eurasia con 31.6%, como se puede apreciar en la gráfica 3.7, seguida por América del Norte con 26.50%.

GRÁFICA 3.7 PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Gas Proved Reserves, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.8.3 Consumo de gas natural (billones de pies cúbicos por día)

Uno de los mayores consumos registrados en el mundo en el año de 2011, se dio en la región de América del Norte y esto gracias a la participación, como principal consumidor en todo el planeta, de los Estados Unidos quien tiene un porcentaje de 21.5% (66.8 billones de pies cúbicos). Canadá tiene el 3.2% (10.1 billones de pies cúbicos) y México tiene el 2.1% (6.7 billones de pies cúbicos). En total la región contribuye con el 26.9% al total de consumo mundial (83.6 billones de pies cúbicos). Un 3.2% superior con respecto al año anterior. En la región de Sur y Centro América, el consumo total fue de 4.8% (15 billones de pies cúbicos). El país con mayor consumo en este bloque fue Argentina con 4.5 billones de pies cúbicos (1.4%), seguido por Venezuela con 3.2 billones de pies cúbicos (1.0%), Brasil con 2.6 billones de pies cúbicos (0.8%) y Trinidad y Tobago 2.1 (0.7%).⁶²

El mayor consumo de gas natural registrado en el año 2011, fue en la región de Europa y Eurasia, con una participación respecto del total mundial de 34.1% (106.5 billones de pies cúbicos). En este sector el principal consumidor fue la Federación Rusa, con 41.1 billones de pies cúbicos (13.2%), seguido por el Reino Unido con 7.8 billones de pies cúbicos (2.5%), Italia con 6.9 billones de pies cúbicos (2.2%) y Ucrania con 5.2 billones de pies cúbicos (1.7%).⁶³

El bloque del Oriente Medio sumó un total de 39 millones de pies cúbicos (12.5% del total mundial). El país con mayor consumo en este sector fue Irán con 14.8 billones de pies cúbicos (4.7%), sobresalen también en esta región, Arabia Saudita con 9.6 billones de pies cúbicos (3.1%) y los Emiratos Árabes Unidos con 6.1 billones de pies cúbicos (1.9%).⁶⁴

En la región de África, se dio un consumo total de 10.6 billones de pies cúbicos (3.4%), y el país con mayor consumo fue Egipto con 4.8 billones de pies cúbicos (1.5%), seguido por Argelia con 2.7 billones de pies cúbicos (0.9%).⁶⁵

En la última región, Asia Pacífico, el consumo fue de 57.1 billones de pies cúbicos (18.3%), y el país con mayor consumo fue China con 12.6 billones de pies cúbicos (4%), Japón con 10.2 billones de pies cúbicos (3.3%), Corea del Sur y Tailandia, ambos con 4.5 billones de pies cúbicos (1.4%).⁶⁶

⁶² Con base en: British Petroleum Oil Consumption, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

⁶³ Con base en, *Idem*.

⁶⁴ Con base en, *Idem*.

⁶⁵ Con base en, *Idem*.

⁶⁶ Con base en, *Idem*.

Tabla 3.11 Consumo de Gas Natural (en billones de pies cúbicos por día)

Países	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Variación 2011/2010	2011
													Participación del total
Estados Unidos	60.9	63.1	61.0	61.2	60.3	59.4	63.3	63.6	62.8	65.1	66.8	2.4%	21.5%
Canadá	8.5	8.7	9.4	9.2	9.5	9.4	9.3	9.3	9.2	9.2	10.1	10.3%	3.2%
México	4.0	4.4	4.9	5.4	5.4	5.9	6.1	6.4	6.4	6.6	6.7	1.5%	2.1%
Total de Norte América	73.5	76.2	75.4	75.8	75.2	74.7	78.7	79.2	78.4	80.9	83.6	3.2%	26.9%
Argentina	3.0	2.9	3.3	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	4.2	4.2	4.5	7.5%	1.4%
Brasil	1.2	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0	2.0	2.4	1.9	2.6	2.6	-0.3%	0.8%
Chile	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	0.3	0.3	0.5	0.5	11.7%	0.2%
Colombia	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	-0.8%	0.3%
Ecuador	^	^	^	^	^	0.1	0.1	^	^	^	^	-	♦
Perú	^	^	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	15.2%	0.2%
Trinidad y Tobago	1.1	1.2	1.4	1.3	1.5	2.0	2.0	2.1	2.0	2.2	2.1	-2.7%	0.7%
Venezuela	2.9	2.7	2.4	2.7	2.7	3.0	2.9	3.0	3.0	3.1	3.2	2.3%	1.0%
Otros de Sur y Centro América	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	-4.6%	0.2%
Total de Sur y Centro América	9.7	9.9	10.4	11.3	11.9	13.1	13.0	13.6	13.1	14.5	15.0	2.9%	4.8%
Austria	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	-6.0%	0.3%
Azerbaijón	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8	9.6%	0.3%
Bielorrusia	1.5	1.6	1.5	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.6	1.9	1.8	-7.2%	0.6%
Bélgica y Luxemburgo	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.8	1.6	-14.8%	0.5%
Bulgaria	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	14.5%	0.1%
República Checa	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	-9.3%	0.3%
Dinamarca	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	-16.2%	0.1%

Finlandia	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	-10.0%	0.1%
Francia	4.1	3.9	4.2	4.3	4.3	4.1	4.1	4.2	4.1	4.5	3.9	-13.9%	1.2%
Alemania	8.0	8.0	8.3	8.3	8.3	8.4	8.0	7.8	7.5	8.1	7.0	-12.9%	2.2%
Grecia	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	24.3%	0.1%
Hungría	1.2	1.1	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1	1.0	-6.8%	0.3%
República de Irlanda	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-10.5%	0.1%
Italia	6.3	6.2	6.9	7.1	7.7	7.5	7.5	7.5	6.9	7.4	6.9	-6.2%	2.2%
Kazajstán	0.8	0.8	0.9	0.7	0.9	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	13.0%	0.3%
Lituania	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	9.0%	0.1%
Países Bajos	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.7	3.6	3.7	3.8	4.2	3.7	-12.7%	1.2%
Noruega	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	-2.1%	0.1%
Polonia	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	-1.0%	0.5%
Portugal	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	1.8%	0.2%
Rumania	1.6	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	1.6	1.5	1.3	1.3	1.3	2.0%	0.4%
Federación Rusa	35.4	35.6	37.2	38.0	38.7	39.5	40.8	40.1	37.7	40.1	41.1	2.5%	13.2%
Eslovaquia	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	12.3%	0.2%
España	1.8	2.0	2.3	2.6	3.1	3.3	3.4	3.7	3.3	3.4	3.1	-7.2%	1.0%
Suecia	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	-19.1%	♦
Suiza	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-12.8%	0.1%
Turquía	1.6	1.7	2.0	2.1	2.6	3.0	3.5	3.6	3.5	3.8	4.4	17.3%	1.4%
Turkmenistán	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6	1.8	2.1	2.0	1.9	2.2	2.4	10.4%	0.8%
Ucrania	6.7	6.5	6.7	6.6	6.7	6.5	6.1	5.8	4.5	5.0	5.2	3.0%	1.7%
Reino Unido	9.3	9.2	9.2	9.4	9.2	8.7	8.8	9.1	8.4	9.1	7.8	-14.6%	2.5%
Uzbekistán	4.8	4.9	4.4	4.2	4.1	4.1	4.4	4.7	4.2	4.4	4.8	7.9%	1.5%
Otros de Europa y Eurasia	1.5	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.7	1.4	1.6	1.6	2.7%	0.5%
Total de Europa y Eurasia	98.1	98.4	102.5	104.5	107.0	107.6	109.0	109.1	101.1	108.8	106.5	-2.1%	34.1%
Irán	6.8	7.7	8.0	8.4	10.2	10.5	10.9	11.5	12.7	14.0	14.8	6.1%	4.7%
Israel	^	^	^	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	-6.0%	0.2%
Kuwait	1.0	0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.6	11.5%	0.5%
Qatar	1.1	1.1	1.2	1.5	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.3	16.4%	0.7%
Arabia Saudita	5.2	5.5	5.8	6.3	6.9	7.1	7.2	7.8	7.6	8.5	9.6	13.2%	3.1%

Emiratos Árabes Unidos	3.7	3.5	3.7	3.9	4.1	4.2	4.8	5.7	5.7	5.9	6.1	3.5%	1.9%
Otros de Oriente Medio	2.3	2.4	2.4	2.6	2.7	3.0	3.1	3.5	3.7	4.3	4.1	-3.0%	1.3%
Total de Medio Oriente	20.0	21.1	22.2	23.8	27.0	28.2	29.3	32.0	33.3	36.5	39.0	6.9%	12.5%
Argelia	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.6	2.5	2.7	6.5%	0.9%
Egipto	2.4	2.6	2.9	3.1	3.1	3.5	3.7	3.9	4.1	4.4	4.8	10.0%	1.5%
Sudáfrica	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	8.9%	0.1%
Otros de África	1.7	1.7	2.0	2.3	2.4	2.4	2.7	2.9	2.5	3.1	2.7	-11.6%	0.9%
Total Africa	6.2	6.4	7.0	7.7	8.0	8.5	9.1	9.7	9.6	10.3	10.6	2.7%	3.4%
Australia	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.4	2.6	2.5	2.4	2.5	2.5	-0.4%	0.8%
Bangladesh	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	1.9	-0.1%	0.6%
China	2.7	2.8	3.3	3.8	4.5	5.4	6.8	7.8	8.7	10.4	12.6	21.5%	4.0%
Hong Kong	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	-20.4%	0.1%
India	2.6	2.7	2.9	3.1	3.5	3.6	3.9	4.0	4.9	6.0	5.9	-1.2%	1.9%
Indonesia	3.0	3.2	3.4	3.1	3.2	3.2	3.0	3.2	3.6	3.9	3.7	-5.9%	1.2%
Japón	7.2	7.0	7.7	7.4	7.6	8.1	8.7	9.0	8.5	9.1	10.2	11.6%	3.3%
Malasia	2.4	2.5	2.6	2.4	3.0	3.3	3.2	3.3	3.3	3.1	2.8	-10.5%	0.9%
Nueva Zelanda	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	-10.0%	0.1%
Pakistán	2.2	2.4	2.9	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	3.8	-1.2%	1.2%
Filipinas	^	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	16.0%	0.1%
Singapur	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.4%	0.3%
Corea del Sur	2.0	2.2	2.3	2.7	2.9	3.1	3.4	3.4	3.3	4.2	4.5	8.3%	1.4%
Taiwán	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.5	10.1%	0.5%
Tailandia	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.8	4.4	4.5	3.3%	1.4%
Vietnam	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	-9.2%	0.3%
Otros de Asia Pacífico	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	7.3%	0.2%
Total de Asia Pacífico	29.8	31.4	34.0	35.4	38.5	41.1	44.3	46.3	48.1	54.0	57.1	5.9%	18.3%

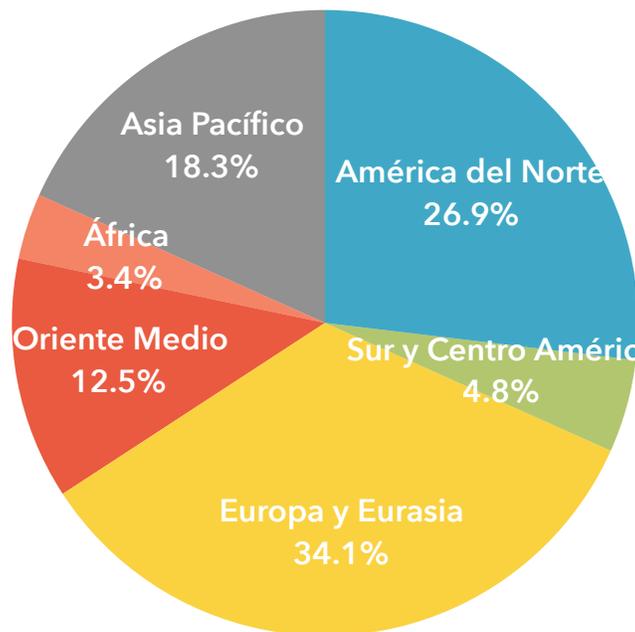
Total del Mundo	237.4	243.4	251.5	258.5	267.7	273.3	283.5	290.0	283.5	305.1	311.8	2.2%	100.0%
de los cuáles: OECD	129.7	132.6	134.8	136.9	137.9	137.9	142.9	144.7	140.4	148.6	148.5	-0.1%	47.7%
Non-OECD	107.7	110.8	116.6	121.7	129.8	135.3	140.6	145.3	143.1	156.4	163.4	4.4%	52.3%
Unión Europea Anterior Unión	43.7	43.7	45.8	47.0	47.9	47.2	46.6	47.4	44.5	48.1	43.3	-9.9%	13.9%
Soviética	52.2	52.4	54.0	54.7	55.8	56.7	58.1	57.3	52.5	56.2	58.0	3.3%	18.6%

^ Menos 0.05, ♦ Menos de 0.05%. #
 Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes
 de 1985 y Eslovenia antes de 1991.

Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Gas Consumption, Statistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012,
 <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la gráfica 3.8, se ve reflejado el consumo de gas natural por zona geográfica al final de 2011, siendo el mayor consumidor la región de Europa y Eurasia con un porcentaje del 34.1% y en segundo lugar se sitúa la región de América del Norte con 26.9%, siendo el mayor consumidor tanto en esta zona, como en el mundo entero, los Estados Unidos.

GRÁFICA 3.8 CONSUMO DE GAS NATURAL POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011 (PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN)



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Gas Production, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.8.4 Comercio de gas natural (billones de metros cúbicos)

En la tabla 3.12, se registran los movimientos del comercio mundial en cuanto a las importaciones y exportaciones de los países con mayor representatividad en los años 2010 y 2011. Como se puede observar, los Estados Unidos disminuyeron su volumen de importaciones de 2010 a 2011, en 7.4 billones de metros cúbicos, tanto de las importaciones en oleoductos, como las que no utilizan estos conductos. Por otra parte, el volumen de exportaciones, en éste mismo país, se elevaron, en el mismo periodo, en 10.7 billones de metros cúbicos. En suma, el volumen total de importaciones y exportaciones de los Estados Unidos, en el año 2011 fue de 98.1 billones de metros cúbicos y 42.7 billones de metros cúbicos respectivamente. Otra nación con importante registro comercial fue Alemania, quien también vio reducido sus transacciones comerciales, tanto de importaciones como de exportaciones. Las primeras en 7.7 billones de metros cúbicos y las segundas en 3.2 billones de metros cúbicos. Cabe señalar que en este país no se registraron operaciones en oleoductos en ambos rubros (importaciones y exportaciones).⁶⁷

También la nación de Italia, tuvo un importante movimiento en sus importaciones. El registro fue una disminución de 2010 a 2011 en 5.4 billones de metros cúbicos (en ambos rubros, oleoductos y sin oleoductos), no así con sus exportaciones, las cuales se mantuvieron en éste mismo periodo en 0.1 billones de metros cúbicos, únicamente en el rubro de oleoductos ya que no se registraron operaciones en las exportaciones de gas que no utilizan oleoductos. En lo que respecta a Francia, también mantuvo importantes movimientos comerciales. El volumen de importaciones totales, para el año 2011, fue de 46.9 billones de metros cúbicos.⁶⁸

Por su parte México, en el año 2010, tenía un volumen total de importaciones (tanto en oleoductos como sin ellos) en 15.1 billones de metros cúbicos y para el final del año 2011 se incrementó en 3 billones de metros cúbicos, es decir, se llegó a la cifra de 18.1 billones de metros cúbicos. Por otro lado, las exportaciones se vieron afectadas a la baja, en 0.8 billones de metros cúbicos, pasando de 0.9 millones de metros cúbicos en el 2010, a 0.1 billones de metros cúbicos, en el 2011 (únicamente considerando operaciones con oleoductos, ya que sólo se registró actividad en éste rubro). La Federación Rusa que es el primer exportador de gas natural en el mundo, vio incrementado el volumen de exportaciones de 202.9 billones de metros cúbicos en el 2010, a 221.4 billones de metros cúbicos en el 2011 (oleoductos y sin ellos).⁶⁹

⁶⁷ Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatiscal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

⁶⁸ Con base en, *Idem*.

⁶⁹ Con base en, *Idem*.

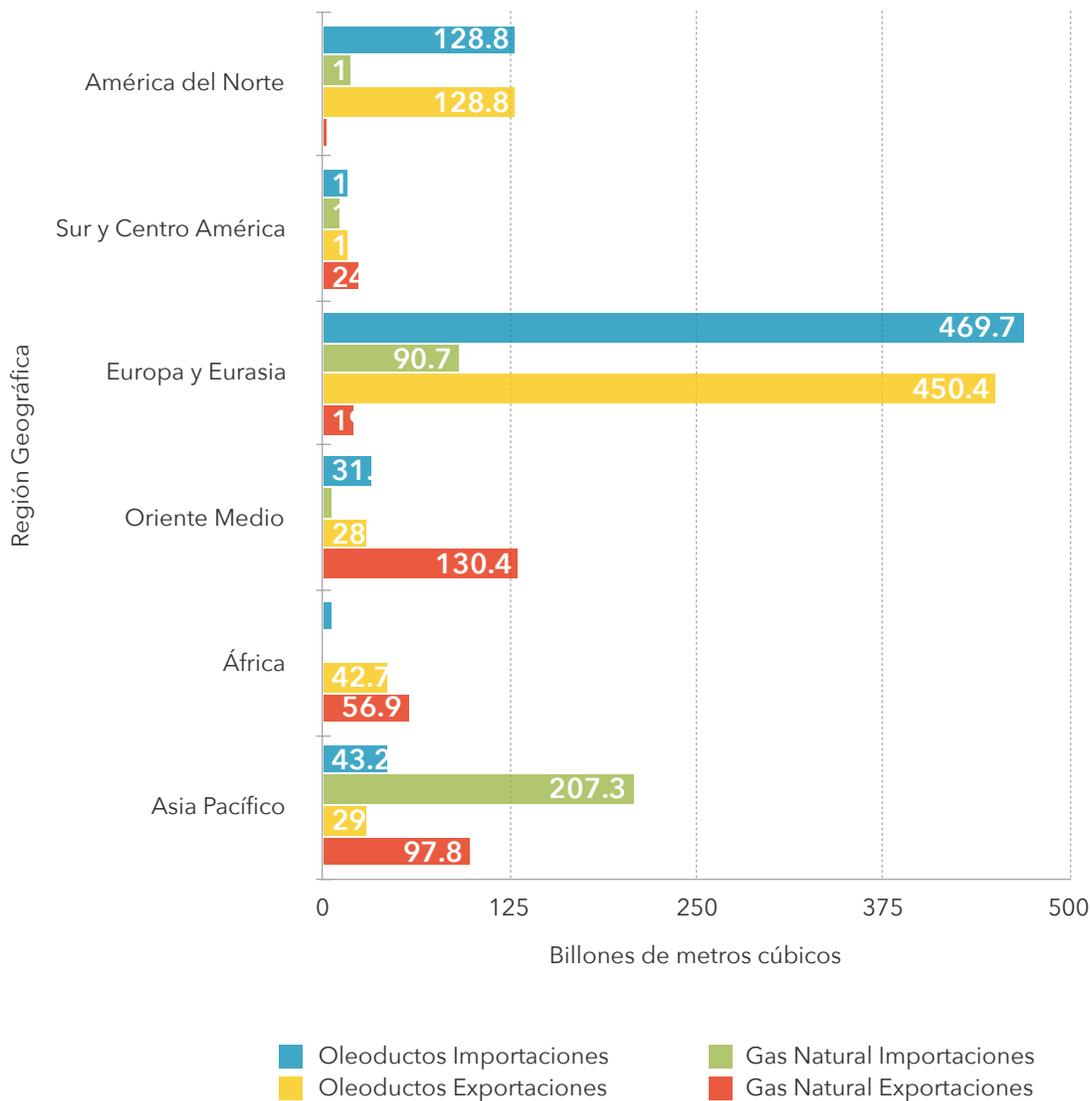
Tabla 3.12 Comercio de Gas Natural 2010 y 2011 (billones de metros cúbicos)

Países	2010				2011			
	Oleoductos	Gas Natural						
	Importaciones	Importaciones	Exportaciones	Exportaciones	Importaciones	Importaciones	Exportaciones	Exportaciones
Estados Unidos	93.3	12.2	30.3	1.6	88.1	10.0	40.7	2.0
Canadá	20.9	2.1	92.4	-	26.6	3.3	88.0	-
México	9.4	5.7	0.9	-	14.1	4.0	0.1	-
Trinidad y Tobago	-	-	-	20.4	-	-	-	18.9
Otros de Sur y Centro América	14.3	9.2	14.3	1.8	15.6	10.9	15.6	5.1
Francia	34.6	14.2	1.5	-	32.3	14.6	2.2	-
Alemania	91.7	-	14.9	-	84.0	-	11.7	-
Italia	65.8	9.1	0.1	-	60.8	8.7	0.1	-
Holanda	16.8	-	53.3	-	13.6	0.8	50.4	-
Noruega	-	-	96.3	4.71	-	-	92.8	4.0
España	8.9	27.9	0.5	-	12.5	24.2	0.5	0.7
Turquía	28.4	8.0	0.7	-	35.6	6.2	0.7	-
Reino Unido	35.0	18.7	15.7	-	28.1	25.3	16.3	-
Otros de Europa	98.9	10.6	11.3	0.6	101.8	10.9	6.2	0.6
Federación Rusa	32.7	-	189.5	13.4	30.1	-	207.0	14.4
Ucrania	33.0	-	-	-	40.5	-	-	-
Otros de la Anterior Unión Soviética	32.2	-	51.5	-	30.4	-	62.5	-
Qatar	-	-	19.2	76.1	-	-	19.2	102.6
Otros de Medio Oriente	31.5	2.9	8.4	25.3	31.6	4.6	9.1	27.8
Argelia	-	-	37.0	19.3	-	-	34.4	17.1
Otros de África	4.9	-	18.0	39.5	5.7	-	8.3	39.8
Japón	-	95.1	-	-	-	107.0	-	-
Indonesia	-	-	9.9	31.8	-	-	8.7	29.2
Corea del Sur	-	44.4	-	-	-	49.3	-	-
Otros del Pacífico de Asia	33.4	40.4	19.9	66.1	43.2	51.0	20.3	68.6
Total del Mundo	685.5	300.6	685.5	300.6	694.6	330.8	694.6	330.8

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Gas Trade Movements, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.]

En el rubro de importaciones y exportaciones, se puede notar en la gráfica 3.9, que la región con mayores movimientos y cantidades fue la región de Europa y Eurasia y esto se debe a la gran necesidad de utilizar éste tipo de hidrocarburos tanto en los hogares como en la industria.

GRÁFICA 3.9 IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE GAS NATURAL AL FINAL DE 2011 POR ZONA GEOGRÁFICA (MILLONES DE METROS CÚBICOS)



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Oil Trade Movements, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.9 El Carbón⁷⁰

Éste combustible fósil, es una roca sedimentaria de color negro compuesto principalmente por carbono e hidrocarburos que se lleva millones de años para crear. Contiene también, en menores cantidades Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre y otros elementos.

Se forma en la naturaleza debido al proceso de descomposición de la materia orgánica que se acumula en pantanos, lagunas y en el mar. Se formó a partir de la vegetación, que se ha ido transformando entre otros estratos de roca y se ha alterado por los efectos combinados de la presión y el calor a lo largo de millones de años para terminar formando las vetas de carbón.

Los depósitos y otros sedimentos, junto con los movimientos en la corteza terrestre, (conocidos como movimientos tectónicos) enterraron estos pantanos y Ciénegas, a menudo a grandes profundidades. Al quedar enterrado el material vegetal, fue sometido a altas temperaturas y presiones. Esto provocó grandes cambios físicos y químicos en la vegetación, transformándola en turba, después en Lignito, Sub-Bituminoso, Bituminoso y Antracita.

El lignito es de baja calidad orgánica, bastante blando y su color puede variar de negro a oscuro. Con el paso de millones de años el lignito fue transformándose en Sub-Bituminoso, debido a la temperatura y la presión, mejorando con ello su calidad orgánica.

Con el mismo paso del tiempo, de igual manera, se produjeron cambios físicos y químicos hasta que los carbones se hicieron más duros y negros, formando carbones bituminosos o carbones minerales.

El mismo proceso continuó hasta formar la antracita que es el tipo de carbón con mayor calidad y madurez orgánica.

De ésta manera, el carbón se clasifica en cuatro tipos principales, dependiendo de la cantidad y tipo de carbono que contenga y de la energía calorífica que pueda producir. Entre mayor sea el contenido de carbón mayor será el calor resultante para producir energía.

- Antracita

Contiene de 86 a 97 por ciento de carbono. Es utilizado en el sector doméstico e industrial.

⁷⁰ Este apartado ha sido elaborado con base en, Agencia Internacional de Energía *Nonrenewable Energy Explained*, Whashington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=coal_home>, (06 agosto 2012) [s.p.], Federación Internacional de Empresarios de Carbón, *Carbunión*, Madrid, [s.f.] <http://www.carbunion.com/panel/carbon/uploads/que_es_el_carbon_1.pdf> (16 de marzo de 2013), p.3.

- Bituminoso

Contiene de 45 a 86 por ciento de carbono. El bituminoso térmico es usado principalmente en la generación de electricidad, en la industria y en la producción de cemento y el bituminoso metalúrgico es usado en la producción de acero y hierro.

- Sub-Bituminoso

Contiene de 35 a 45 por ciento de carbono. Al igual que el bituminoso térmico, es utilizado en la generación de electricidad, en la industria y en la producción de cemento.

- Lignito

Contiene de 25 a 35% de carbono y es el rango más bajo de contenido de carbón y por ende de energía, también tiene un alto contenido de humedad y se desmorona muy fácilmente. Es utilizado en la generación de electricidad.

En las plantas de carbón se limpia eliminando la suciedad y otras impurezas como cenizas, azufre y otros materiales no deseados, lo que aumenta el poder energético de éste combustible. Sus principales usos son en la generación de energía eléctrica, en la industria cementera y en la industria siderúrgica, entre otras, además del uso doméstico.

3.9.1 Reservas probadas de carbón

En la tabla 3.13, se puede observar que la gran parte de las reservadas probadas a nivel mundial, se encuentran en las regiones de Europa y Eurasia, seguido por la región de Asia Pacífico y muy de cerca la región de América del Norte. Cada una de éstas regiones concentra un volumen de reservas probadas de éste mineral, de 304,604, 265,843 y 245,088 millones de toneladas respectivamente.⁷¹

Sin embargo, el país con mayor volumen de reservas a nivel mundial es Estados Unidos, quien tiene un porcentaje de participación del 27.6% en lo que se refiere a la suma de los cuatro tipos de carbón; en ésta misma región, de América del Norte, México tiene un porcentaje de participación del total mundial de 0.1% y Canadá de 0.8%.⁷²

⁷¹ Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

⁷² Con base en, *Idem*.

En la zona de Europa y Eurasia, el país que cuenta con mayores reservas de éste hidrocarburo es la Federación Rusa con un total de 157,010 millones de toneladas y un porcentaje de participación con respecto al total mundial de 18.2%, otros países que tienen reservas importantes es Alemania y Kazajstán con 40,699 y 33,600 millones de toneladas, respectivamente y con un porcentaje de participación del total mundial de 4.7 y 3.9% también, respectivamente.⁷³

Otra región importante es Asia Pacífico, en ésta, reviste especial interés la participación de China e India, cada uno de ellos con un volumen de reservas de 114,500 y 60,600 millones de toneladas respectivamente participando también del total mundial con un porcentaje de 13.3% y 7.0%.⁷⁴

Cabe señalar, que si bien es cierto, que tienen poca participación del total mundial, países como Brasil, y otros más, en la región de Sur y Centro América, y algunos países del Oriente Medio y otros más en África, sus reservas son importantes comparadas con la tasa de producción, lo cual arroja un resultado de reservas para más de 500 años.⁷⁵

Así mismo, con respecto a la cantidad de años, producto de la relación reservas / producción, arroja que países como Estados Unidos, Canadá y México tienen suficiente volumen para 239, 97 y 77 años de manera respectiva.⁷⁶

En este mismo sentido, la Federación Rusa posee tal cantidad de reservas como para 471 años, Ucrania 390 años, Kazajstán 290 años y Alemania 216 años.⁷⁷

Por último, en la región de Asi Pacífico, el país con mayor volumen de reservas es Japón con suficiente cantidad para 275 años.⁷⁸

⁷³ Con base en, *Idem.*

⁷⁴ Con base en, *Idem.*

⁷⁵ Con base en, *Idem.*

⁷⁶ Con base en, *Idem.*

⁷⁷ Con base en, *Idem.*

⁷⁸ Con base en, *Idem.*

Tabla 3.13 Reservas Probadas de Carbón al final de 2011- (en millones de toneladas).

Países	Antracita y bituminoso	Sub-bituminoso y lignito	Total	Participación del Total	R/P tasa Años
Estados Unidos	108501	128794	237295	27.6%	239
Canadá	3474	3108	6582	0.8%	97
México	860	351	1211	0.1%	77
Total de Norte América	112835	132253	245088	28.5%	228
Brasil	-	4559	4559	0.5%	*
Colombia	6366	380	6746	0.8%	79
Venezuela	479	-	479	0.1%	55
Otros de Sur y Centro América	45	679	724	0.1%	*
Total de Sur y Centro América	6890	5618	12508	1.5%	124
Bulgaria	2	2364	2366	0.3%	64
República Checa	192	908	1100	0.1%	19
Alemania	99	40600	40699	4.7%	216
Grecia	-	3020	3020	0.4%	53
Hungría	13	1647	1660	0.2%	174
Kazajstán	21500	12100	33600	3.9%	290
Polonia	4338	1371	5709	0.7%	41
Rumania	10	281	291	♦	8
Federación Rusa	49088	107922	157010	18.2%	471
España	200	330	530	0.1%	81
Turquía	529	1814	2343	0.3%	30
Ucrania	15351	18522	33873	3.9%	390
Reino Unido	228	-	228	♦	12
Otros de Europa y Eurasia	1440	20735	22175	2.6%	238
Total Europa y Eurasia	92990	211614	304604	35.4%	242
África del Sur	30156	-	30156	3.5%	118
Zimbawe	502	-	502	0.1%	202
Otros de África	860	174	1034	0.1%	*
Medio Oriente	1203	-	1203	0.1%	*
Total de Medio Oriente y África	32721	174	32895	3.8%	126

Australia	37100	39300	76400	8.9%	184
China	62200	52300	114500	13.3%	33
India	56100	4500	60600	7.0%	103
Indonesia	1520	4009	5529	0.6%	17
Japón	340	10	350	♦	275
Nueva Zelanda	33	538	571	0.1%	115
Corea del Norte	300	300	600	0.1%	19
Pakistán	-	2070	2070	0.2%	*
Corea del Sur	-	126	126	♦	60
Tailandia	-	1239	1239	0.1%	58
Vietnam	150	-	150	♦	3
Otros de Asia Pacífico	1583	2125	3708	0.4%	88
Total de Asia Pacífico	159326	106517	265843	30.9%	53
Total del Mundo	404762	456176	860938	100.0%	112
de los cuáles: OCDE	155926	222603	378529	44.0%	182
No-OCDE	248836	233573	482409	56.0%	86
Unión Europea #	5101	51047	56148	6.5%	97
Anterior Unión Soviética	86725	141309	228034	26.5%	408

* Más de 500 años

♦ Menos de 0.05%.

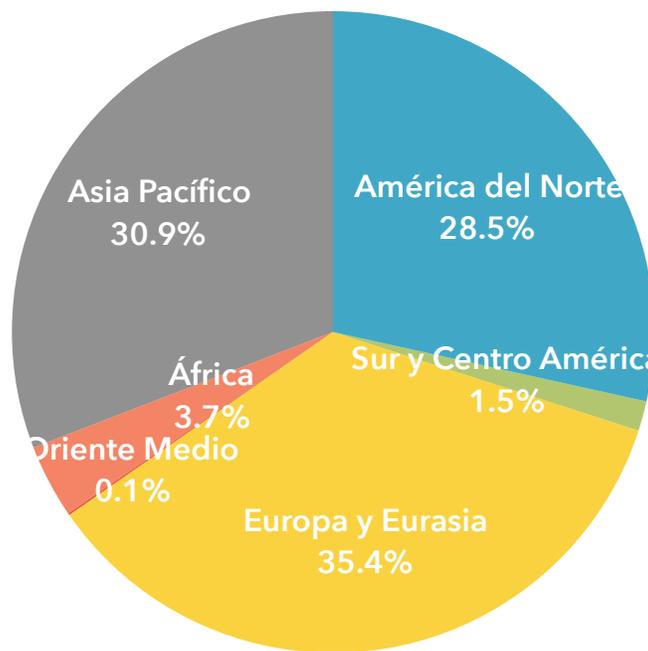
Notas: Las reservas probadas de carbón - Generalmente son aquellas que están en cantidades que indica la información geológica y de ingeniería que con seguridad pueden ser descubiertas, en el futuro de conocidos depósitos de reservas, bajo condiciones económicas y operativas existentes.

La razón Reservas /Producción (R/P) - Si las reservas restantes al final de cada año son divididas por la producción en ese año, el resultado es el periodo o longitud de tiempo que aquellas reservas restantes durarían si la producción fuera a continuar en esa tasa

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Coal Reserves, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

Las reservas de carbón presentan una marcada concentración, en la región de Europa y Eurasia, así como en la zona Asia Pacífico y esto es debido, a la participación de países, como la Federación Rusa y China respectivamente, como según se observa en la gráfica 3.10.

GRÁFICA 3.10 RESERVAS DE CARBÓN POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Gas Trade Movements, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.9.2 Producción de carbón (en millones de toneladas)

En lo que se refiere a la producción de este hidrocarburo, en la tabla 3.14, se observa en la zona de América del Norte, que Estados Unidos presenta una producción al final de 2011 de 992.8 millones de toneladas, un ligero incremento de 0.9% con respecto al año 2010. En términos generales se observa que la mayor producción se generó del año 2004 al año 2008 con cifras mayores a las mil millones de toneladas. En lo que se refiere a la participación mundial, éste mismo país registra un 14.1% de producción. México presenta un incremento de más de 55 puntos porcentuales con respecto al año precedente anterior de 2011. Se puede notar que se registró una producción un tanto uniforme del año 2001 hasta el año 2010 y con una participación en el total mundial a finales de 2011 de 0.2%. Canadá ligeramente vio disminuida su producción de 2011 con respecto al año anterior en 1.2% y la contribución al total mundial se situó al final de 2011 en 0.9%. Ésta región de América del Norte tiene una participación significativa de 15.2% con respecto al total mundial.⁷⁹

En la región de Sur y Centro América, el país con mayor producción es Colombia. Éste país contribuyó con 1.4% al total mundial. En sí, ésta región participa con 1.6% en el total mundial.⁸⁰

En la región de Europa y Eurasia los países con mayor producción son: La Federación Rusa, Kazajstán, Polonia y Ucrania, cada uno de ellos, en éste mismo orden, con una participación del total mundial de 4.0%, 1.5%, 1.4% y 1.1%, respectivamente. El total de ésta zona es de 11.6%.⁸¹

La región con mayor producción del mundo es Asia Pacífico, contribuye con el 67.9% respecto al total, y los países más significativos en éste renglón son China, India y Australia, cada uno de ellos produjo, al final de 2011, 3,520.0, 588.5 y 415.5 millones de toneladas, respectivamente.⁸²

China mantiene un ritmo constante de crecimiento en su producción, pasando de 1,471.5 millones de toneladas al final de 2001, superando las dos mil millones de toneladas al final de 2004. Una tendencia similar, con crecimientos constantes en su producción en estos últimos años, se manifiesta en los países de India e Indonesia con 5.6 y 5.1%, respectivamente.⁸³

⁷⁹ Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

⁸⁰ Con base en, *Idem*.

⁸¹ Con base en, *Idem*.

⁸² Con base en, *Idem*.

⁸³ Con base en, *Idem*.

Tabla 3.14 Producción de Carbón (en millones de toneladas)

Países	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Variación 2011/2010	2011
													Participación del total
Estados Unidos	1023.0	992.7	972.3	1008.9	1026.5	1054.8	1040.2	1063.0	975.2	983.7	992.8	0.9%	14.1%
Canadá	70.4	66.6	61.7	65.6	68.4	66.2	69.0	68.4	64.0	69.0	68.2	-1.2%	0.9%
México	11.3	11.1	9.6	9.9	10.8	11.5	12.5	11.4	10.4	10.1	15.7	55.8%	0.2%
Total de Norte América	1104.7	1070.4	1043.6	1084.3	1105.7	1132.5	1121.7	1142.9	1049.6	1062.8	1076.7	1.2%	15.2%
Brasil	5.7	5.1	4.7	5.4	6.3	5.9	6.0	6.6	5.7	5.6	6.2	11.3%	0.1%
Colombia	43.9	39.5	50.0	53.7	59.1	65.6	69.9	73.5	72.8	74.4	85.8	15.4%	1.4%
Venezuela	7.7	8.1	7.0	8.1	7.2	7.9	7.6	7.6	8.8	8.8	8.7	-1.3%	0.2%
Otros de Sur y Centro América	0.8	0.5	0.7	0.3	0.5	0.9	0.5	0.6	0.8	0.5	0.5	-	♦
Total de Sur y Centro América	58.0	53.3	62.4	67.5	73.0	80.3	84.0	88.4	88.1	89.3	101.2	13.3%	1.6%
Bulgaria	26.6	26.0	27.3	26.5	24.7	25.7	28.5	28.8	27.2	29.4	37.1	26.1%	0.2%
República Checa	66.1	63.4	63.9	62.0	62.0	62.9	62.6	60.2	56.4	55.2	57.9	3.7%	0.5%
Francia	2.8	2.0	2.2	0.9	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.3	0.1	-42.9%	♦
Alemania	202.5	208.2	204.9	207.8	202.8	197.1	201.9	192.4	183.7	182.3	188.6	2.1%	1.1%
Grecia	66.3	70.5	70.2	70.8	70.0	64.3	66.6	64.7	65.2	57.7	57.5	-0.4%	0.2%
Hungría	13.9	13.0	13.3	11.5	9.6	10.0	9.8	9.4	9.0	9.1	9.6	5.3%	♦
Kazajstán	79.1	73.7	84.9	86.9	86.6	96.2	97.8	111.1	100.9	110.9	115.9	4.5%	1.5%
Polonia	163.5	161.9	163.8	162.4	159.5	156.1	145.9	144.0	135.2	133.2	139.2	2.0%	1.4%
Rumania	33.3	30.4	33.1	31.8	31.2	34.9	35.8	35.9	34.0	31.1	35.5	14.1%	0.2%
Federación Rusa	269.6	255.8	276.7	281.7	298.3	309.9	313.5	328.6	301.3	321.6	333.5	4.1%	4.0%
España	22.7	22.0	20.5	20.5	19.4	18.4	17.2	10.2	9.4	8.4	6.6	-25.2%	0.1%
Turquía	62.1	54.0	48.6	46.4	58.3	64.3	75.4	79.4	79.5	73.4	77.2	5.1%	0.4%
Ucrania	83.9	82.5	80.2	81.3	78.8	80.2	76.8	79.5	73.8	76.8	86.8	13.0%	1.1%
Reino Unido	31.9	30.0	28.3	25.1	20.5	18.5	17.0	18.1	17.9	18.4	18.3	-0.4%	0.3%
Otros de Europa y Eurasia	74.1	77.7	81.7	79.5	78.5	81.0	84.7	88.4	86.5	86.4	93.0	5.2%	0.5%
Total de Europa y Eurasia	1198.5	1171.0	1199.5	1195.0	1200.9	1220.0	1233.8	1250.9	1180.0	1194.3	1256.8	4.5%	11.6%

Total de Medio Oriente	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	1.6	1.2	1.2	1.2	-	♦
Sudáfrica	223.7	220.2	237.9	243.4	244.4	244.8	247.7	252.6	250.6	254.3	255.1	0.3%	3.6%
Zimbawe	4.5	3.9	2.8	3.8	3.4	2.1	2.1	1.5	1.7	2.5	2.5	-	♦
Otros de África	2.0	2.1	2.6	2.1	1.9	2.1	1.9	1.9	1.7	1.9	1.9	-	♦
Total de África	230.2	226.3	243.3	249.3	249.6	249.0	251.6	256.0	253.9	258.7	259.5	0.00325053	3.7%
Australia	334.6	340.8	349.6	361.6	375.3	383.0	392.5	404.6	418.5	424.0	415.5	-2.2%	5.8%
China	1471.5	1550.4	1834.9	2122.6	2349.5	2528.6	2691.6	2802.0	2973.0	3235.0	3520.0	8.8%	49.5%
India	341.9	358.1	375.4	407.7	428.4	449.2	478.4	515.9	556.0	573.8	588.5	2.3%	5.6%
Indonesia	92.5	103.3	114.3	132.4	152.7	193.8	216.9	240.2	256.2	275.2	324.9	18.1%	5.1%
Japón	3.2	1.4	1.3	1.3	1.1	1.4	1.4	1.2	1.3	0.9	1.3	38.7%	♦
Nueva Zelanda	3.9	4.5	5.2	5.2	5.3	5.7	4.8	4.8	4.6	5.3	4.9	-7.7%	0.1%
Pakistán	3.3	3.5	3.3	3.3	3.5	3.9	3.6	4.0	3.5	3.3	3.2	-4.1%	♦
Corea del Sur	3.8	3.3	3.3	3.2	2.8	2.8	2.9	2.8	2.5	2.1	2.1	0.1%	♦
Tailandia	19.6	19.6	18.8	20.1	20.9	19.0	18.2	18.0	17.8	18.3	21.4	16.7%	0.2%
Vietnam	13.4	16.4	19.3	26.3	32.6	38.9	40.0	41.0	45.0	44.0	44.5	1.1%	0.6%
Otros de Asia Pacífico	37.6	37.3	38.4	42.3	46.3	47.1	45.0	47.8	53.5	66.5	73.8	10.8%	1.0%
Total de Asia Pacífico	2325.3	2438.5	2763.8	3125.8	3418.5	3673.3	3895.5	4082.4	4331.9	4648.4	5000.1	7.8%	67.9%
Total Mundial	4917.9	4960.8	5313.8	5723.1	6049.0	6356.5	6588.3	6822.1	6904.6	7254.6	7695.4	6.1%	100.0%
de los cuáles: OCDE	2105.3	2070.1	2046.8	2088.3	2116.6	2141.4	2147.7	2161.9	2058.0	2060.1	2082.4	0.4%	25.4%
No-OCDE	2812.6	2890.7	3267.1	3634.8	3932.5	4215.2	4440.6	4660.2	4846.6	5194.5	5613.0	8.2%	74.6%
Unión Europea #	650.5	649.6	652.1	641.4	622.1	609.2	608.9	587.1	560.0	550.0	576.1	2.6%	4.2%
Anterior Unión Soviética	447.7	427.7	459.1	467.3	481.9	503.7	508.1	539.1	495.1	531.4	559.5	5.7%	6.7%

* Solo combustible comercial sólido, por ejemplo carbón bituminoso y antracita (carbón duro), lignito y sub-bituminoso.

^ Menos de 0.05.

♦ Menos de 0.05%.

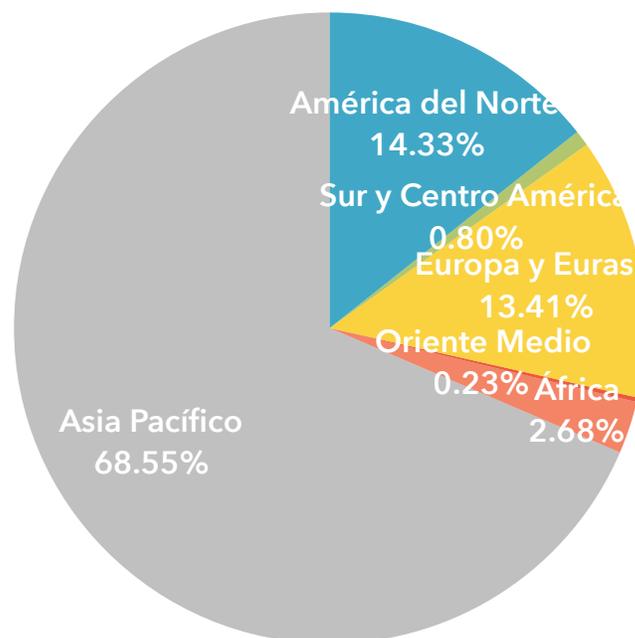
Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 and Eslovenia antes de 1991.

Notas: Los cambios anuales y la participación del total están basados en datos expresados en toneladas de petróleo equivalentes.

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Coal Production, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la gráfica 3.11, sobresale la participación de la región de Asia Pacífico, con respecto al total mundial, en cuanto a la producción de carbón, y en ésta zona, gran parte de éste porcentaje lo aporta la nación de China.

GRÁFICA 3.11 PRODUCCIÓN DE CARBÓN POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011 (MILLONES DE TONELADAS)



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Coal Production, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.9.3 Consumo de carbón (en millones de toneladas de petróleo crudo equivalentes)

Es interesante notar que el consumo de carbón por parte de Estados Unidos, es muy superior a los países de la región, América del Norte, y en general al resto del mundo, la cifra es 13.5% de participación en el consumo mundial de carbón. Su consumo ha venido ligeramente a la baja, a partir del periodo de 2009 al 2011. Los años en que se registró mayor consumo fueron 2004 y 2007 superando las 570 millones de toneladas. (Ver tabla 1.15). El consumo registrado por parte de Canadá y México, ha sido poco relevante, con respecto al consumo que se manifestó en Estados Unidos y desde luego con respecto al total mundial. Las cifras finales para el año 2011 fueron 0.6% y 0.3% respectivamente. Hay que tomar en cuenta que el consumo registrado en México, ha venido ligeramente a la alza desde el 2010 a la fecha, años en que se superaron los 9 millones de toneladas.⁸⁴

El consumo registrado en la región de Sur y Centro América fue muy escaso, siendo el país de Brasil, el que consumió una mayor cantidad de éste mineral con 0.4% y el consumo total de ésta zona fue del 0.8%.⁸⁵

En la región de Europa y Eurasia, los países que sobresalen en el consumo, fueron La Federación Rusa, Alemania y Polonia con cifras de 2.4%, 2.1% y 1.6%, respectivamente. Cabe señalar, que todo el consumo registrado en ésta región, fue de 13.4%, que es un poco inferior al registrado tan sólo en Estados Unidos.⁸⁶

Otro aspecto que resalta es el hecho de que todo el consumo de carbón, al final de 2011 de la región de Oriente Medio, se llevó a cabo únicamente en el país de Israel, el cual fue del 0.2% con respecto a la contribución total mundial.⁸⁷

En la región de África, el país con mayor consumo fue Sudáfrica con 2.5% y el total de esta región fue de 2.7%. Igual que en la región de Oriente Medio, en esta, se observa que solo un país, consume casi la totalidad de toda esta zona.⁸⁸

Reviste especial interés, que en la región de Asia Pacífico, contribuye al total mundial con el 68.6% de consumo de carbón, y de ésta región sobresalen los países de China (49.4%), India (7.9%), Japón (3.2%), Corea del Sur (2.1%) y Australia (1.3%).⁸⁹

⁸⁴ Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

⁸⁵ Con base en, *Idem*.

⁸⁶ Con base en, *Idem*.

⁸⁷ Con base en, *Idem*.

⁸⁸ Con base en, *Idem*.

⁸⁹ Con base en, *Idem*.

Tabla 3.15 Consumo de Carbón (en millones de toneladas de petróleo crudo equivalentes)*

Países	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Cambio 2011 sobre 2010	2011
													Participación del total
Estados Unidos	552.23	551.97	562.48	566.14	574.21	565.66	573.2768	564.097	496.235	526.088	501.947	-0.0459	0.13477
Canadá	33.963	31.581	27.005	28.451	33.269	29.129	29.84628	29.8964	25.1871	24.0059	21.8258	-0.0908	0.00586
México	6.8927	7.7845	8.9025	7.0933	9.3094	9.1334	9.097668	6.77016	8.3911	9.36738	9.89456	0.05628	0.00266
Total de Norte América	593.09	591.34	598.39	601.68	616.79	603.92	612.2207	600.764	529.813	559.461	533.668	-0.0461	0.14329
Argentina	0.637	0.538	0.652	0.753	0.949	0.255	0.381	1.137	1.158	0.976	1.08043	0.107	w
Brasil	12.215	11.451	11.77	12.77	12.663	12.536	13.359	13.483	11.262	13.928	13.864	-0.0046	0.00372
Chile	2.341	2.3589	2.2555	2.613	2.5604	3.1967	3.794254	4.05741	3.7093	4.20461	5.29373	0.25903	0.00142
Colombia	2.662	2.189	2.427	1.998	2.668	2.436	2.353	2.778	3.485	4.007	4.29	0.07063	0.00115
Ecuador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perú	0.4345	0.6633	0.7159	0.7461	0.7512	0.5948	0.82538	0.75031	0.79896	0.76997	0.82319	0.06912	w
Trinidad y Tobago	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venezuela	^	^	^	-	^	^	^	^	0.052	1.929	2.00956	0.04176	0.00054
Otros de Sur y Centro América	0.6901	1.0236	2.0654	1.9066	1.8509	2.0273	2.050766	2.13115	2.60738	2.37936	2.43043	0.02146	0.00065
Total de Sur y Centro América	19.024	18.274	19.929	20.787	21.48	21.084	22.8084	24.3819	23.0726	28.1939	29.7913	0.05666	0.008
Austria	3.08	2.984	3.308	3.261	3.059	3.082	2.968	2.803	2.27	2.579	2.47504	-0.0403	0.00066
Azerbaijón	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	-	w
Bielorrusia	0.103	0.1	0.092	0.114	0.097	0.069	^	^	^	^	^	-	w
Bélgica y Luxemburgo	6.731	6.025	5.814	5.606	4.952	4.793	4.362	3.92	3.121	3.298	2.072	-0.3717	0.00056
Bulgaria	7.104	6.54	7.218	7.138	6.833	6.852	7.664	7.512	6.362	6.818	8.43959	0.23784	0.00227
República Checa	21.185	20.605	20.751	20.892	20.412	21.058	21.239	19.858	17.383	18.154	19.1677	0.05584	0.00515

Dinamarca	4.188	4.197	5.684	4.58	3.686	5.627	4.724	4.103	3.99	3.794	3.2108	-0.1537	0.00086
Finlandia	3.86	4.144	5.509	5.046	2.928	4.734	4.396	3.047	3.347	4.306	3.31572	-0.23	0.00089
Francia	12.11	12.418	13.251	12.84	13.26	12.06	12.3	11.94	9.8508	10.7208	9.021	-0.1586	0.00242
Alemania	84.965	84.631	87.185	85.371	82.139	83.524	85.67402	80.1089	71.7254	76.6218	77.5533	0.01216	0.02082
Grecia	9.347	9.845	9.422	9.044	8.8152	8.0565	8.536135	8.139	8.08364	7.35802	7.32432	-0.0046	0.00197
Hungría	3.42	3.106	3.351	3.069	2.6816	2.8692	2.894655	2.83857	2.49153	2.64235	2.7291	0.03283	0.00073
República de Irlanda	1.879	1.751	1.746	1.802	1.886	1.633	1.601	1.422	1.154	1.24	1.264	0.01935	w
Italia	13.056	13.3	13.973	15.954	15.986	16.389	16.602	16.442	12.935	14.288	15.4191	0.07917	0.00414
Kazajstán	22.464	22.754	25.181	26.549	27.215	29.775	31.6911	33.4058	32.5907	31.5931	30.1838	-0.0446	0.0081
Lituania	0.078	0.126	0.155	0.1582	0.1717	0.2384	0.22765	0.19449	0.14553	0.19187	0.20414	0.06392	w
Holanda	8.476	8.89	9.144	9.1005	8.6931	8.4558	9.003784	8.47776	7.9344	7.93506	7.80439	-0.0165	0.0021
Noruega	0.8826	0.7672	0.7457	0.8424	0.7189	0.6162	0.678583	0.69805	0.49266	0.63428	0.64771	0.02116	w
Polonia	58.028	56.72	57.747	57.253	55.678	58.039	57.92384	55.9589	51.9143	56.3811	59.7675	0.06006	0.01605
Portugal	3.678	4.106	3.76	3.6995	3.8052	3.794	3.3019	2.9092	3.2739	1.8914	2.59	0.36936	0.0007
Rumania	7.161	7.602	7.76	7.3799	7.5838	8.5111	7.367114	7.38763	6.60835	6.0639	7.07015	0.16594	0.0019
Federación Rusa	102.41	103.04	104.02	99.54	94.22	96.67	93.45	100.38	91.91	90.23	90.9286	0.00774	0.02441
Eslovaquia	4.125	4.015	4.227	4.1039	3.925	3.844	3.846368	3.7117	3.51606	3.35787	3.25124	-0.0318	0.00087
España	20.105	22.679	21.046	22	22.514	19.849	21.865	15.47	11.791	9.784	14.8843	0.52129	0.004
Suecia	2.023	2.166	2.195	2.3062	2.2191	2.2724	2.1866	1.95715	1.64645	2.1307	1.95975	-0.0802	0.00053
Suiza	0.132	0.115	0.123	0.121	0.138	0.136	0.163	0.145	0.136	0.141	0.13818	-0.02	w
Turquía	18.44	19.271	20.672	21.776	21.84	25.909	28.855	29.182	30.44	30.864	32.4498	0.05138	0.00871
Turkmenistán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucrania	39.738	38.944	40.287	39.129	37.369	39.652	39.66994	40.1626	35.0911	37.869	42.3701	0.11886	0.01138
Reino Unido	38.912	35.71	38.104	36.616	37.429	40.932	38.38751	35.6151	29.9127	31.0243	30.8174	-0.0067	0.00827
Uzbekistán	1.05	1.03	0.69	1.242	1.242	1.748	1.38	1.38	1.38	1.33492	1.334	-0.0007	w
Otros de Europa y Eurasia	19.805	21.942	23.107	23.755	22.139	19.155	20.21946	20.6053	19.545	20.051	20.8386	0.03928	0.0056
Total de Europa y Eurasia	518.54	519.52	536.27	530.29	513.64	530.35	533.226	519.822	471.09	483.306	499.24	0.03297	0.13405
Irán	1.06	1.143	1.107	1.035	1.199	1.236	1.311	0.881	0.973	0.781	0.76226	-0.024	w
Israel	7.191	7.6	7.879	7.955	7.9095	7.8177	7.997458	7.8695	7.70459	7.70133	7.90236	0.0261	0.00212

Kuwait	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Qatar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arabia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emiratos Árabes Unidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros de Oriente Medio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de Medio Oriente	8.251	8.743	8.986	8.99	9.1085	9.0537	9.308458	8.7505	8.67759	8.48233	8.66462	0.02149	0.00233
Argelia	0.5	0.598	0.599	0.607	0.552	0.583	0.578	0.578	0.192	-	-	-	-
Egipto	1.216	1.305	1.353	1.306	1.256	1.211	1.207	1.181	1.156	0.881	0.89665	0.01776	w
Sudáfrica	73.435	75.929	81.438	85.425	82.948	83.953	89.06645	95.1345	89.934	91.3168	92.8577	0.01687	0.02493
Otros de África	7.0608	6.9057	6.1156	6.8091	6.9741	6.3651	5.67239	5.85588	4.8404	5.91011	6.03791	0.02163	0.00162
Total de África	82.212	84.737	89.505	94.147	91.73	92.112	96.52384	102.749	96.1224	98.1079	99.7922	0.01717	0.02679
Australia	48.224	51.051	49.368	50.785	53.542	56.027	54.13644	54.6105	54.4728	43.8479	49.811	0.136	0.01337
Bangladesh	0.35	0.35	0.35	0.35	0.371	0.473	0.448	0.628	0.628	0.9	0.95456	0.06062	w
China	720.81	760.42	900.25	1065.6	1186.2	1317.7	1392.548	1441.06	1579.46	1676.21	1839.45	0.09738	0.4939
China Hong Kong SAR	4.941	5.362	6.566	6.5753	6.6574	7.0132	7.540784	6.97725	7.58404	6.34944	7.70526	0.21353	0.00207
India	145.19	151.85	156.8	172.26	184.44	195.44	210.2713	230.376	253.824	270.811	295.615	0.09159	0.07937
Indonesia	16.844	17.993	24.153	22.19	25.431	30.132	37.80405	30.0899	34.6214	41.205	43.9664	0.06701	0.01181
Japón	103.05	106.6	112.19	120.78	121.28	119.11	125.3353	128.664	108.782	123.713	117.733	-0.0483	0.03161
Malasia	2.971	3.642	5.316	6.632	6.889	7.298	8.847	9.782	10.623	13.7525	15.024	0.09245	0.00403
Nueva Zelanda	1.3984	1.3982	2.0066	2.0685	2.2868	2.2467	1.71319	2.12412	1.60508	1.3896	1.41661	0.01943	w
Pakistán	2.105	2.36	2.91	3.7642	4.1387	4.2382	5.105261	5.25833	4.67723	4.48625	4.22341	-0.0586	0.00113
Filipinas	4.53	4.72	4.737	4.9883	5.7134	5.5466	5.934834	6.99684	6.67799	7.7308	8.27009	0.06976	0.00222
Singapur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corea del Sur	45.711	49.095	51.113	53.125	54.77	54.788	59.654	66.06	68.604	75.896	79.393	0.04608	0.02132
Taiwán	30.64	32.674	35.13	36.566	38.068	39.582	41.83493	40.201	38.7132	40.2753	41.6302	0.03364	0.01118
Tailandia	8.815	9.18	9.381	10.357	11.224	12.374	14.12898	15.2838	14.4754	15.2913	13.8556	-0.0939	0.00372
Vietnam	4.984	5.32	5.544	8.176	8.008	9.52	10.08	10.024	14	13.8766	15.023	0.08261	0.00403
Otros de Asia Pacífico	19.424	18.518	18.821	19.179	20.53	21.045	17.7924	19.468	19.039	18.7068	19.1187	0.02202	0.00513

Total de Asia Pacífico	1160	1220.5	1384.6	1583.4	1729.5	1882.5	1993.174	2067.6	2217.79	2354.44	2553.19	0.08441	0.68554
Total del Mundo	2381.1	2443.2	2637.7	2839.3	2982.3	3139	3267.262	3324.07	3346.56	3532	3724.34	0.05446	1
De los cuáles: OCDE	1124.1	1131.4	1155.8	1169.3	1180.8	1179.5	1201.87	1177.98	1056.67	1110.83	1098.63	-0.011	0.29499
No-OCDE	1257	1311.8	1481.9	1670	1801.5	1959.5	2065.391	2146.09	2289.89	2421.17	2625.71	0.08448	0.70501
Unión Europea # Anterior Unión	318.02	316.08	326.25	322.23	313.52	321.34	322.4988	298.901	264.011	276.048	285.891	0.03566	0.07676
Soviética	169.29	169.48	174.52	170.89	164.21	171.85	170.8834	179.948	165.162	166.266	169.767	0.02106	0.04558

* Solamente comercio de combustible sólido, por ejemplo carbón bituminoso y antracita (carbón duro), lignito y sub-bituminoso.

^ Menos de 0.05.

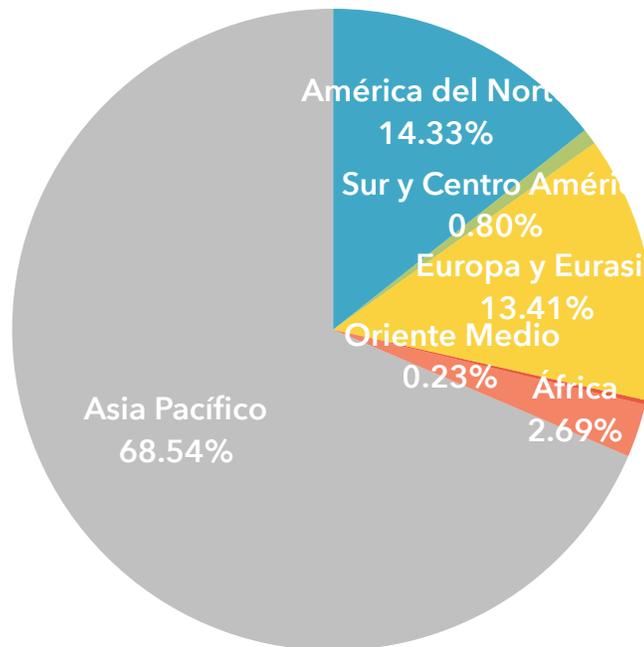
w Menos de 0.05%.

Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 and Eslovenia antes de 1991.

Fuente: Elaboración propia con base en, *British Petroleum Coal Consumption, Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

El mayor consumo de carbón registrado al final del año 2011, se dio en la región de Asia Pacífico, como se puede notar en la gráfica 3.12, siendo el mayor consumidor mundial el país de China.

GRÁFICA 3.12 CONSUMO DE CARBÓN POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Coal Consumption, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

3.10. La Energía Nuclear⁹⁰

Se conoce como energía nuclear, aquella, cuya estructura interna en el núcleo del átomo, se puede manipular. Cuando se divide el núcleo se le conoce como fisión nuclear y cuando se unen dos o más átomos se le llama fusión nuclear.

3.10.1 Fisión Nuclear

En ella, el núcleo se divide en diversos fragmentos y la masa resultante es casi igual a la mitad de la masa original más dos o tres neutrones. De ésta manera la suma de las masas de ésta división es menor que la masa original. La falta de masa, que oscila en 0.1 por ciento de la masa original, se convierte en energía, con base en la ecuación de Einstein:

$$E = mc^2$$

Donde:

E= Energía

m= Masa

c= A la velocidad de la luz al cuadrado (299.792.458 m/s²)

Con base en lo anterior, se puede deducir que en la extracción o pérdida de masa se logra obtener grandes cantidades de energía.

La reacción en cadena se produce cuando los neutrones son liberados durante el proceso de la fisión y se obtiene una fisión adicional, en al menos un núcleo más. A su vez, éste núcleo produce neutrones y el proceso se va repitiendo de manera continua. Si éste último es controlado, se puede utilizar como energía nuclear para satisfacer las necesidades de abasto de energía. Si es incontrolado se utiliza para la creación de armas nucleares.

Hay que tener presente, que cuando se provoca la fisión, mediante un neutrón, la liberación resultante es de dos o más neutrones y la consecuencia es que el número

⁹⁰ Éste apartado ha sido desarrollado con base en, Agencia Internacional de Energía, *Nonrenewable Energy Explained*, Whashington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nuclear_home> (06 agosto 2012) [s.p.], y, José Roldan Vilorio, *Fuentes de Energía, Instalaciones Eólicas, Instalaciones Solares Térmicas*, Madrid, Cengage L. Paraninfo, 2008, pp.152-155.

de fisiones se duplica, en cada generación. En 10 generaciones, por ejemplo, existen 1,024 fisiones y en 80 generaciones la resultante es 6×10^{23} fisiones.

Como ya se mencionó, en cada fisión nuclear se producen dos y tres neutrones y algo importante es que no todos los neutrones están disponibles para continuar con la reacción de fisión y si las condiciones se producen de tal manera que los neutrones se pierden a un ritmo más rápido de lo que se forman por la fisión, los que lleguen a producirse por la reacción en cadena no serán autosuficientes.

Por otro lado, cuando la reacción en cadena sí puede llegar a ser auto-sostenible, se le conoce como masa crítica. En la utilización de bombas atómicas se parte de éste principio, es decir, la masa de materiales fisionables es mayor que la masa crítica y para ello, la cantidad, composición, densidad y pureza, es un factor determinante para que ocurra este evento.

El control sostenido en una reacción nuclear, se produce cuando, por cada dos o tres neutrones puestos en libertad, sólo a uno se le permite impactar a otro núcleo de uranio. Si ésta relación es inferior a uno entonces la reacción en cadena llegará a un punto en que morirá, y si es más grande va a crecer sin control (en el caso de una bomba atómica). Así, para poder controlar la cantidad de neutrones se deben absorber, y esto se logra en la mayoría de los reactores mediante barras de control, hechas de neutrones de un fuerte material con capacidad de absorción como es el caso de boro o cadmio.

La energía que se obtiene, en forma de calor, es aprovechada para generar energía eléctrica en las centrales nucleares. En términos generales, se suele conceptualizar el uso de la energía nuclear en la generación de energía eléctrica, precisamente usando reactores nucleares. Sin embargo, la energía nuclear también tiene usos en la medicina, por ejemplo.

3.10.2 Fusión Nuclear

Es una reacción en la que dos núcleos de átomos ligeros, como por ejemplo el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), se unen para formar otro núcleo más pesado, liberando así, una gran cantidad de energía. Como ejemplo de ello, es la energía solar que subyace tras la fusión de núcleos de hidrógeno, dando paso a la generación de helio y en la cual se obtiene una gran cantidad de energía que llega en la forma de calor. Por cada miligramo de deuterio-tritio se logra 335 Mega Jouls (MJ).

Uno de los requisitos fundamentales para que se lleve a cabo la fusión nuclear es el lograr una muy alta temperatura que se usa para separar los electrones del núcleo y que éste a su vez se aproxime a otro, venciendo las fuerzas de repulsión electrostáticas. Algo importante es que para que se puedan dar estas reacciones, debe suministrarse a los núcleos la energía cinética⁹¹, necesaria para que se aproximen a los núcleos en los cuales se va a llevar a cabo la reacción. Para ello debe de calentar el gas utilizado hasta temperaturas muy altas (más de 100° C).

Algo interesante que sucede con la utilización del Hidrógeno, es el hecho del enorme potencial que tiene en la generación de energía, por ejemplo, en cada litro de agua de mar se puede extraer la energía, por fusión nuclear, equivalente a 250 litros de petróleo. Así mismo, es un elemento natural que se encuentra en abundancia de manera importante en los océanos.

La fusión nuclear es una energía limpia ya que no produce gases nocivos y genera residuos nucleares de muy baja actividad.

Un reactor de fusión nuclear es intrínsecamente seguro, ya que la propia reacción se detiene al cortar el suministro de combustible. No depende de ningún sistema externo de seguridad susceptible de errores. Además, éste es una fuente inagotable de energía ya que el Deuterio, existe en abundancia en la naturaleza y el Tritio es generado dentro del propio reactor a partir del Deuterio.

En casi todas las centrales nucleares en el mundo, se utiliza la fisión nuclear para generar energía eléctrica, en vista de que la fusión prácticamente es inviable.

La central nuclear funciona de la misma manera que una central térmica, en la cual se utiliza carbón, petróleo o gas, para proporcionar calor al agua y de ésta forma producir vapor. En la central nuclear se genera vapor, mediante las reacciones de fisión de los átomos. El agua que se transforma en vapor, llega a una turbina para hacerla girar, dando paso a la transformación de energía calorífica en energía cinética. La turbina está conectada a un generador eléctrico para hacer la conversión de energía cinética a energía eléctrica.

⁹¹ Es la energía que se posee a consecuencia de un movimiento.

3.10.3 Consumo de energía nuclear en el mundo

El mayor consumidor de energía nuclear en el mundo, son los Estados Unidos, el cual, consume el 31.4% del total mundial (ver tabla 3.16), de hecho en la región de América del Norte, se registra el segundo mayor consumo en todo el mundo (35.4%) debido a su participación, a pesar de que en comparación al año 2010, éste país, registró una disminución de 2.1% en su consumo total. Canadá participa con el 3.6% del total mundial y México con el 0.4%. Un aspecto de llamar la atención, es el hecho de que en México se registró el mayor porcentaje de aumento (de 2010 a 2011) de 71.6% lo cual indica la necesidad y aceptación que está adquiriendo el uso de la energía nuclear como fuente alterna.⁹²

En la región de Sur y Centro América, los países que registran consumo de energía nuclear son Argentina y Brasil, únicamente, con porcentajes de 0.2% y 0.6% respectivamente.⁹³

La principal región con mayor consumo de energía nuclear, es Europa y Eurasia, el total registrado en el año 2011 fue de 45.3%, siendo en ésta región, los principales consumidores: Francia, La Federación Rusa, Alemania, Ucrania y Reino Unido, todos ellos con 16.7%, 6.5%, 4.1%, 3.4% y 2.4%, respectivamente. De hecho, éste último país, fue el que tuvo un mayor porcentaje de aumento, con un 11.1%.⁹⁴

En la región de Oriente Medio, no se registran datos de consumo nuclear, en parte debido a que en ésta zona se concentra el mayor porcentaje de reservas de petróleo en todo el mundo. Por otro lado, en la región de África, el único país que cuenta con el uso de ésta fuente de energía es Sudáfrica con el 0.5%.⁹⁵

En cuanto a la región de Asia Pacífico, los países que registran un consumo importante, con respecto al total mundial, son Japón (6.2%), Corea del Sur (5.7%), China (3.3%), Taiwán (1.6%) e India, de hecho este último país, registra un importante aumento de 2010 a 2011 de 39.6%. El total de ésta región es de 18%, en relación con el resto del mundo. Aunque si bien es cierto, que Pakistán registra un consumo mínimo de 0.1%, su aumento con relación al año inmediato anterior, 2010, fue de 39.6% al igual que India.⁹⁶

⁹² Con base en, British Petroleum Oil Consumption, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

⁹³ Con base en, *Idem*.

⁹⁴ Con base en, *Idem*.

⁹⁵ Con base en, *Idem*.

⁹⁶ Con base en, *Idem*.

Tabla 3.16 Consumo de Energía Nuclear (En millones de toneladas de petróleo equivalentes).

Millones de toneladas de petróleo equivalentes	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Cambio 2011 sobre 2010	2011 participación del total
Estados Unidos	183.1	185.8	181.9	187.8	186.3	187.5	192.1	192.0	190.3	192.2	188.2	-2.1%	31.4%
Canadá	17.2	17.0	16.8	20.3	20.7	22.0	21.0	21.1	20.3	20.3	21.4	5.6%	3.6%
México	2.0	2.2	2.4	2.1	2.4	2.5	2.4	2.2	2.4	1.3	2.3	71.6%	0.4%
Total de Norte América	202.3	205.0	201.1	210.2	209.4	212.0	215.4	215.4	213.0	213.8	211.9	-0.9%	35.4%
Argentina	1.6	1.3	1.7	1.8	1.6	1.7	1.6	1.6	1.8	1.6	1.4	-11.9%	0.2%
Brasil	3.2	3.1	3.0	2.6	2.2	3.1	2.8	3.2	2.9	3.3	3.5	7.8%	0.6%
Chile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Colombia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecuador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perú	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trinidad y Tobago	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venezuela	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros de Sur y Centro América	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de Sur y Centro América	4.8	4.4	4.7	4.4	3.8	4.8	4.4	4.8	4.7	4.9	4.9	1.4%	0.8%
Austria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azerbaijón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bielorrusia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bélgica y Luxemburgo	10.5	10.7	10.7	10.7	10.8	10.6	10.9	10.3	10.7	10.8	10.9	0.9%	1.8%
Bulgaria	4.4	4.6	4.5	4.4	4.2	4.4	3.3	3.6	3.4	3.5	3.7	6.9%	0.6%
República Checa	3.3	4.2	5.9	6.0	5.6	5.9	5.9	6.0	6.2	6.3	6.4	1.0%	1.1%
Dinamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Finlandia	5.2	5.1	5.2	5.2	5.3	5.2	5.4	5.3	5.4	5.2	5.3	1.8%	0.9%
Francia	95.3	98.8	99.8	101.7	102.4	102.1	99.7	99.6	92.8	96.9	100.0	3.2%	16.7%
Alemania	38.8	37.3	37.4	37.8	36.9	37.9	31.8	33.7	30.5	31.8	24.4	-23.2%	4.1%
Grecia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hungría	3.2	3.2	2.5	2.7	3.1	3.0	3.3	3.4	3.5	3.6	3.5	-0.4%	0.6%
República de Irlanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Italia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kazajstán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lituania	2.6	3.2	3.5	3.4	2.3	2.0	2.2	2.2	2.5	-	-	-	-
Holanda	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	4.3%	0.2%

Nueva Zelanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pakistán	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.8	39.6%	0.1%	
Filipinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Singapur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Corea del Sur	25.4	27.0	29.3	29.6	33.2	33.7	32.3	34.2	33.4	33.6	34.0	1.1%	5.7%	
Taiwán	8.0	8.9	8.8	8.9	9.0	9.0	9.2	9.2	9.4	9.4	9.5	1.2%	1.6%	
Tailandia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vietnam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Otros de Asia Pacífico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total de Asia Pacífico	114.8	117.7	104.6	119.0	125.2	128.7	123.3	119.7	128.2	131.7	108.0	-18.0%	18.0%	
Total Mundial	600.8	610.5	598.3	624.9	626.7	635.2	621.8	619.0	614.1	626.3	599.3	-4.3%	100.0%	
De los cuáles	519.8	524.5	505.7	530.4	532.4	537.6	521.8	516.8	511.6	521.1	487.8	-6.4%	81.4%	
No OCDE	81.0	86.0	92.6	94.6	94.3	97.6	100.1	102.2	102.5	105.2	111.5	6.0%	18.6%	
Unión Europea #	221.6	224.2	226.0	228.9	226.0	224.3	211.9	212.5	202.5	207.6	205.3	-1.1%	34.3%	
Anterior Unión Soviética	51.2	53.4	56.0	56.4	56.4	58.4	60.0	60.0	58.8	59.3	60.2	1.5%	10.0%	

* Basado en la generación bruta

^ Menos de 0.05.

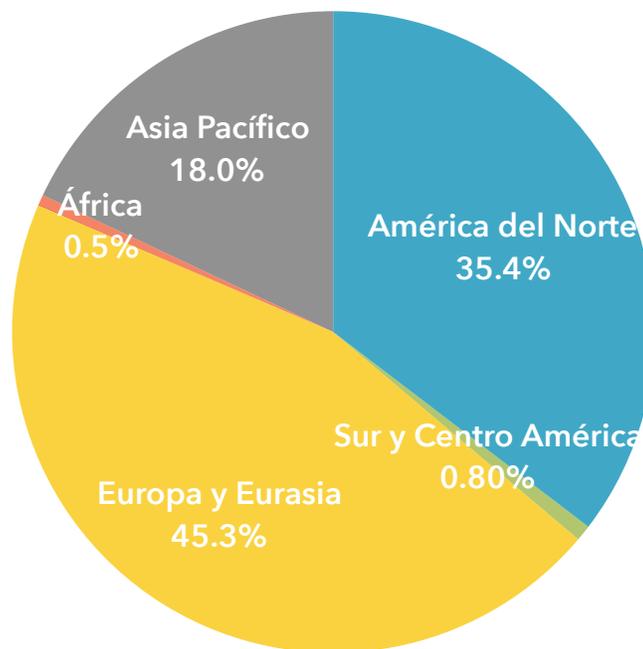
w Menos de 0.05%.

Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 and Eslovenia antes de 1991.

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Nuclear Energy Consumption, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

La región que más consumo de energía nuclear registra a finales de 2011, es Europa y Eurasia, (gráfica 3.13) sin embargo, el país con mayor consumo en el mundo de éste tipo de energía es Estados Unidos, casi con la totalidad de su zona (América del Norte).

**GRÁFICA 3.13 CONSUMO DE ENERGÍA NUCLEAR
AL FINAL DE 2011 POR ZONA GEOGRÁFICA**



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum Nuclear Energy Consumption, *Statistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

Capítulo 4 Energías Renovables

Se les llama energías renovables a las que se obtienen de fuentes naturales esencialmente inagotables. Poseen una inmensa cantidad de energía, y también pueden regenerarse por medios naturales o reponerse fácilmente con el tiempo. Se puede decir que las fuentes de energía renovables, producen constantemente energía, de tal forma que la energía consumida se renueva en forma cíclica y, en consecuencia, su utilización es ilimitada. Es por ello que en el presente capítulo, se describirán los tipos de energías renovables más comunes, como son la energía solar, energía de la biomasa, geotérmica, eólica, hidráulica, etc., así como, sus características y datos relevantes.

4.1 Energía Solar

La energía proveniente del sol, se le llama energía solar y también se le conoce como radiación solar. Ésta, es de 1.5 kilovatios (KW) por hora, esto se podría traducir en un suministro de energía capaz de soportar el consumo mundial. Con tal enorme potencial, se puede decir que se dispone de una fuente de energía inagotable para satisfacer todas las necesidades energéticas que demandan los habitantes del planeta.¹

La radiación solar que recibe la Tierra, constituye la principal fuente de vida para los ecosistemas, en vista de que dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el planeta, así como también, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del Sol, es la que induce el movimiento del viento y del agua, y el crecimiento de las plantas, por ello la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables: eólica, hidroeléctrica, biomasa y marítima.²

Para comprender la importancia que reviste este tipo de energía, será necesario hablar de nuestra estrella más cercana a la Tierra, el Sol, el cual, es una inmensa esfera de gases de alta temperatura, con un diámetro de 1,400,000 km, situado a la distancia media de 15×10^7 km con respecto a la tierra, (150 millones de kilómetros). Según cálculos, la temperatura en el interior del Sol debe ser aproximadamente 60×10^6 °C, esto es, 60 millones de grados centígrados y en la fotosfera, que es la superficie externa del sol, 6×10^3 (6 mil grados centígrados).³

¹ Con base en, Miguel Pareja Aparicio, *Radiación Solar y su aprovechamiento energético, nuevas energías*, Barcelona, Macombo, 2010, p. 14.

² Con base en, Omar Guillén Solís, *Energías Renovables, una perspectiva ingenieril*, México, Trillas, 2004, p. 11.

³ Con base en *Ibid*, pp.10, 11.

El Sol produce constantemente energía electromagnética, que nos llega directamente a la Tierra y por lo tanto, la energía que se consigue a plenitud, supera por mucho al equivalente de todas las reservas de combustibles fósiles.⁴

Así mismo, tiene una potencia de 10^{17} W alrededor del sol, por lo tanto es 1,000 veces mayor que la energía que necesita toda la población mundial en nuestro planeta, esto es, 10^{13} W. Por lo tanto, si se utilizara tan sólo el 5% de la energía que el Sol nos proporciona, sería suficiente para abastecer el consumo mundial de energía.⁵

De ésta manera, se trata de una estrella que ilumina y calienta la Tierra y se comporta de tal manera como un reactor nuclear de fusión. Por tanto, el Sol, obtiene su energía gracias a reacciones nucleares sucesivas de difusión que se producen en regiones centrales, en donde dos átomos de hidrógeno producen uno de helio, uno de helio y uno de hidrógeno, producen litio, etc., y éstas reacciones ocurren en su núcleo. La generación de energía proviene de la pérdida de masa del Sol, que se convierte en energía. Dicha energía se distribuye como radiación electromagnética, de unos 5.4×10^{24} julios (J).⁶ A la radiación electromagnética se le denomina radiación solar.⁷

4.1.1 Radiación solar

La radiación solar emitida por el Sol, llega a la atmósfera de la Tierra de forma muy debilitada (alrededor de 1,360 vatios por metro cuadrado $-W/m^2-$) y esto es debido a la distancia entre el Sol y la Tierra. Posteriormente, ésta radiación, sufre una disminución debido a la capa de la atmósfera, por lo que la radiación en la superficie terrestre es de aproximadamente $1,000 W/m^2$.⁸

Existen tres tipos de radiación solar, en función de cómo inciden los rayos del Sol sobre la Tierra:⁹

1. Directa, aquella recibida desde el Sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
2. Difusa, es la que sufre cambios en su dirección esencialmente debido a la reflexión y difusión de la atmósfera.

⁴ Con base en, *Ibid.* p. 11.

⁵ Con base en, Sandra Aragón Avilés y Teófilo M. De Sousa, *Soluciones Rentables con Energía Solar*, Brasilia, Lighthouse, E-Book, 2014, p. 10.

⁶ Un watt equivale a un joule por segundo, (un joule es el trabajo necesario para producir un watt de potencia durante un segundo). Así, [$5.4 \times 10^{24} = 5.4E24$ o bien = 5,400, 000,000,000,000,000,000,000.], con base en, Paul E. Tippens, *Física, Conceptos y Aplicaciones*, México, Mc Graw Hill, 2007 (7ª Ed.), p. p. 37, 171.

⁷ Con base en, Miguel Pareja Aparicio *op. cit.* pp. 14, y Omar Guillén Solís, *op. cit.* p. 11.

⁸ Con base en, Miguel Pareja Aparicio *op. cit.* p. 14.

⁹ Con base en, *Idem.*

3. Reflejada, se refiere a la radiación directa y difusa que recibe reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

De estos tres tipos de radiación, la directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas y fototérmicas. Aunque en días con cielo nublado, no se recibe radiación directa, se continúa recibiendo radiación solar sobre la superficie debido a la radiación difusa. En consecuencia, a la suma de todos los tipos de radiaciones, se le conoce como radiación total.¹⁰

A continuación se describen algunos datos importantes del sol, en la tabla siguiente:¹¹

Tabla 4.1 Características del Sol

<i>El Sol</i>	<i>Características</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Masa</i>	2.2 x 10 ²⁷ ton	334,000 veces mayor que la tierra
<i>Diámetro</i>	1,400,000 km	110 veces el de la Tierra
<i>Distancia media con respecto a la tierra</i>	15x10 ⁷	Distancia que constituye 1 UA (Unidad Astronómica)
<i>Propiedades del núcleo</i>	Produce el 90% de la energía El diámetro es de 320,000 km Formado por hidrógeno y helio La temperatura es de 60 millones de grados centígrados	
<i>Zona de radiación</i>	Transmite la energía originada en el núcleo, 130,000 °C	
<i>Fotósfera</i>	Formada por gases ionizados a 6,000 °C aproximadamente Se producen los fenómenos más característicos del Sol, como son protuberancias, manchas solares, viento solar, etc.	
<i>Cromósfera</i>	Altura: 10,000 km y su temperatura es superior a la fotósfera	
<i>Corona solar</i>	Espesor: 1,000,000 km Temperatura aproximada a 1,000 000 °C	
<i>Composición</i>	73.46% de hidrógeno y 24.85% de helio (el resto son elementos más pesados).	

Fuente: Elaboración propia, con base en, Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*, México, Fondo de Cultura Económica, 2003, (3ª Ed), pp. 34-38.

¹⁰ Con base en, *Idem*.

¹¹ Con base en, Juan Tonda Mazón, *El oro solar y otras fuentes de energía*, México, Fondo de Cultura Económica, 2003, (3ª Ed), pp. 34-38.

En el momento en el que se producen las reacciones nucleares, una fracción de la masa de las partículas se convierte en energía. De ésta forma, el Sol irradia la energía proveniente de la fusión de los núcleos atómicos que lo componen, tal radiación, que es producto de las reacciones nucleares, corresponde a una parte de lo que se conoce como espectro electromagnético. La radiación electromagnética más común es la luz visible, pero también los rayos “X” o los rayos infrarrojos, constituyen otra forma de radiación electromagnética. Los rayos del Sol están compuestos por diminutas partículas llamados fotones los cuales viajan a la velocidad de la luz.¹²

La energía solar se puede aprovechar de manera pasiva y esto se hace mediante la adecuada orientación, diseño y ubicación de los edificios empleando materiales adecuados, así como, lineamientos propios de la arquitectura.¹³

También se puede aprovechar de manera activa y esta puede ser a través de dos vías: la fotovoltaica que convierte la energía solar en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico y la térmica que transforma la energía proveniente del Sol en energía calorífica.¹⁴

De ésta manera, en cuanto al sistema de aprovechamiento de la energía del sol para producir energía eléctrica, se le denomina sistema de conversión fotovoltaica. Cabe señalar que la electricidad no es una fuente de energía primaria, es decir, no está presente en la naturaleza de manera directa sino solo a través de transformación por otras formas de energía.¹⁵

Existe una gran posibilidad de obtener electricidad mediante dispositivos especiales llamados paneles fotovoltaicos, en vista de que transforman la energía solar en electricidad de manera directa. Estos dispositivos son estáticos y no tienen ningún parecido a los generadores convencionales a partir de combustibles fósiles. Cada panel fotovoltaico, está formado por pequeños componentes llamados celdas fotovoltaicas que, en conjunto, generan electricidad.¹⁶

Así, la energía fotovoltaica, puede transformarse directamente en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas, o bien en forma indirecta a través, de sistemas térmicos de concentración, utilizados para producir el vapor que, a su vez, moverá las turbinas generadoras de electricidad.¹⁷

¹² Con base en, *Idem*.

¹³ Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, p. 25.

¹⁴ Agencia Internacional de Energía, *Solar Explained*, EUA, [s.a.] <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=solar_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

¹⁵ Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, p. 25.

¹⁶ Con base en, *Idem*.

¹⁷ Agencia Internacional de Energía, *Solar Explained*, EUA, [s.a.] <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=solar_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

Las aplicaciones más habituales de estos sistemas son los siguientes:¹⁸

1 Electrificación rural y de viviendas aisladas.

Actualmente, todavía, existen muchas zonas rurales y viviendas aisladas donde llevar energía eléctrica, pero por medio de la red general sería demasiado costoso y, por tanto, no cuentan con ese servicio. En éste caso, la instalación de un generador fotovoltaico es ampliamente rentable.

2 Comunicaciones.

Los generadores fotovoltaicos son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal o información desde un lugar aislado, por ejemplo, emisores de señales de TV, plataformas de telemetría, enlaces por radio, estaciones meteorológicas.

3 Ayudas a la navegación.

Aquí la aplicación puede ser relativa a la navegación misma o a sus señalizaciones, como alimentar eléctricamente faros, boyas, plataformas y embarcaciones.

4 Transporte terrestre.

Iluminación de cruces de carretera peligrosos y túneles largos, así como también, alimentación de radioteléfonos de emergencia o puestos de socorro lejos de líneas eléctricas. Señalizaciones de pasos o desnivel o cambio de vías en los ferrocarriles.

5 Agricultura y ganadería.

Se está proporcionando una atención muy especial en estos sectores, por lo que mediante generadores fotovoltaicos, puede obtenerse la energía eléctrica necesaria para granjas que conviene que estén aisladas de zonas urbanas por motivos de higiene. Sin embargo, la aplicación más importante que se espera en el futuro cercano, es el bombeo de agua para riego y alimentación de ganado que usualmente se encuentra en zonas no pobladas. Otras aplicaciones pueden ser la vigilancia forestal para prevenir incendios.

¹⁸ Éste apartado ha sido desarrollado con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, p. p. 15, 28, 29, y J.L. Gambrand, *La última oportunidad para salvar el planeta*, Buenos Aires, E-book, [s.a], pp. 1-19.

6 Aplicaciones en la industria.

Una de las principales aplicaciones en éste campo es la obtención de metales como el cobre, aluminio y plata por medio de un proceso químico mediante el cual, estos cuerpos inmersos en una disolución química se descomponen a través de una corriente eléctrica continua (a todo éste proceso también se le conoce como electrólisis) y la fabricación de acumuladores electroquímicos.

7 Difusión de la cultura.

Televisión escolar para zonas aisladas y también, difusión de información mediante medios audiovisuales alimentados eléctricamente mediante generadores fotovoltaicos.

En cuanto al sistema térmico, que es el aprovechamiento de la energía solar, de uso bastante amplio, el medio para obtener éste aporte de energía es a través de colectores. Estos son superficies de ciertos materiales que permiten absorber el calor del sol y transmitirlo a un fluido.¹⁹

Los sistemas de aprovechamiento de energía solar basados en la vía térmica, pueden ser de baja, media y alta temperatura. Los de baja temperatura se emplean sobre todo para calefacción, climatización de locales, producción de agua caliente sanitaria, etc. Los de media y alta temperatura pueden ser aprovechados para la generación de energía eléctrica, a través de las centrales de torre o a través de los colectores cilindro parabólicos. En éstas instalaciones se calienta el fluido que transporta el calor y genera electricidad con el empleo de una turbina y un alternador.²⁰

La mayoría de las aplicaciones de la energía solar, particularmente las que proporcionan un servicio que se necesita de manera continua, necesitan estos dos elementos, por lo menos: un colector en el cual se transforme la luz solar, para satisfacer las necesidades, y un almacén en donde se pueda contar con reservas para su posterior utilización.²¹

De ésta forma, la energía solar puede implementarse en pequeña escala, en los domicilios de las personas o a nivel industrial, mediante instalaciones de mayor envergadura. Tan sólo para calentar agua, usando la energía del Sol, sólo se necesita diseñar, instalar y usar adecuadamente el equipo solar para que el consumidor final

¹⁹ Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.* pp. 15-18.

²⁰ Con base en, *Idem.*

²¹ Con base en, *Idem.*

pueda contar con un sistema confiable que le permita economizar combustible convencional y de esta forma contribuir a la reducción de emisiones contaminantes.²²

De manera global, un sistema de calentamiento solar aporta entre un 60 y un 80% del agua caliente para cubrir las necesidades domésticas, tomando en consideración las variaciones climáticas y el volumen de radiación solar durante el año. El sistema de calentamiento solar de agua, que ya se comentó, está formado básicamente por cuatro elementos:²³

1. Un dispositivo que convierte la radiación solar en calor (termo-conversor solar) conocido como captador solar.
2. Un contenedor para almacenar agua caliente llamado termo-tanque.
3. Un sistema para circular y distribuir el agua.
4. Un sistema de control.

4.2 Consumo de Energía Solar

El consumo de energía solar para América del Norte registrado al final del año 2011, como se muestra en la tabla 4.2, fue de 3.7%, el cual se integró de la siguiente manera: Estados Unidos aportó el 3.4% y el resto (0.4%) estuvo compuesto por Canadá y México. Aunque si bien es cierto, que el comportamiento del consumo a lo largo de estos años, 2001 a 2011, creció en un 49.9% en Estados Unidos, éstas cifras siguen siendo inferiores en comparación con países de otras regiones. Por otro lado, sobresale el hecho de que Canadá y México apenas hayan registrado cifras mínimas de consumo en el año 2010.²⁴

En la región de Sur y Centro América el consumo registrado total, asciende a 0.05% del total mundial, lo cual indica un atraso muy considerable con cantidades muy poco representativas en comparación con otras regiones.²⁵

Los países que más sobresalen a nivel mundial, en el consumo de ésta energía, se encuentran situados en la Región de Europa y son Alemania, Italia y España quienes participan con el

²² Agencia Internacional de Energía, *Solar Explained*, EUA, [s.a.], <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=solar_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

²³ Con base en, Isaac Pilatowsky Figueroa, y Rodolfo Martínez Strelvel, *Sistemas de calentamiento solar de agua, una guía para el consumidor*, México, Trillas, 2009, pp. 11, 13.

²⁴ Con base en, British Petroleum Renewables - *Solar consumption - TWh, Estatistical Review World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

²⁵ Con base en, *Idem*.

34.1%, 16.9% y 16.4%. Así mismo, la República Checa tiene un consumo superior al de Estados Unidos, inclusive, (3.8%), también Francia tiene un consumo de 3.4% igual que el de Estados Unidos. Bélgica también registra un consumo de 2.7% y el resto de los países tienen cantidades arrojando un total de 2.9%, y en suma, las cifras totales en ésta región son de 80.1%, haciendo de la región de Europa y Eurasia la principal región en consumo de energía solar.²⁶

Es importante señalar que, la evolución más significativa de 2001 a 2011 se dio en Italia, particularmente de 2010 a 2011 con un incremento tan solo en un año de 394%. Así mismo, Francia de 2010 a 2011 tuvo un cambio en el consumo del 200%. Alemania es el país que ha venido utilizando desde hace tiempo, ésta fuente de energía y sus incrementos han sido constantes, y tan sólo de 2010 a 2011 el aumento registrado fue de 62.6%. Al igual que éste último país, España, tiene registros constantes desde hace ya varios años y su crecimiento de 2010 a 2011 fue de 28.4%.²⁷

La región de Oriente Medio, al igual que la región de Sur y Centro América registra cantidades poco significativas de 0.2%, aunque ésta región tiene reservas petroleras importantes, también es cierto que tiene un vasto potencial de aprovechamiento de energía solar.²⁸

La segunda región en el mundo, con registros significativos de consumo de energía solar es Asia Pacífico. En ésta región destacan Japón, China y Corea del Sur con 8.1%, 4.1% y 1.6% respectivamente. El resto de los países de este sector registran cifras de 1.8%. Las cifras totales en éste sector del mundo son de 16%. China llama la atención, en vista de que sus registros representan un aumento en el consumo, en un 218% de 2010 a 2011. Japón ha venido presentando aumentos a lo largo de varios años, de manera constante, y en el mismo periodo antes citado, tuvo un registro de 36.6%.²⁹

²⁶ Con base en, *Idem.*

²⁷ Con base en, *Idem.*

²⁸ Con base en, *Idem.*

²⁹ Con base en, *Idem.*

Tabla 4.2 Consumo de Energía Solar por zona geográfica (2001 a 2011)

CONSUMO DE ENERGÍA SOLAR 2001 A 2011													
(EN TERAWATTS HORAS)													
País o región	Evolución 2001 a 2011											Cambio	2011
												2011 sobre	participación
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2010	del total
Estados Unidos	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.9	0.9	1.2	1.8	49.6%	3.3%
Otros de Norte América	^	^	^	^	^	^	^	^	^	0.1	0.2	116.0%	0.4%
Total América del Norte	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.9	0.9	1.3	2.1	55.2%	3.7%
Total de Sur y Centro América	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	♦	♦
Bélgica	-	-	-	^	^	^	^	^	0.2	0.6	1.5	166.6%	2.7%
Republica Checa	-	-	-	-	-	^	^	^	0.1	0.6	2.1	243.8%	3.8%
Francia	^	^	^	^	^	^	^	^	0.2	0.6	1.8	200.0%	3.3%
Alemania	0.1	0.2	0.3	0.6	1.3	2.2	3.1	4.4	6.6	11.7	19.0	62.6%	34.1%
Italia	^	^	^	^	^	^	^	0.2	0.7	1.9	9.4	394.0%	16.9%
España	^	^	^	0.1	0.1	0.2	0.5	2.6	6.1	7.1	9.1	28.4%	16.4%
Otros de Europa y Eurasia	^	^	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.7	1.6	124.5%	2.9%
Total de Europa y Eurasia	0.2	0.3	0.5	0.7	1.5	2.6	3.8	7.5	14.2	23.2	44.6	92.2%	80.1%
Total de Oriente Medio	-	-	-	-	-	-	-	-	^	^	0.1	99.5%	0.2%
Total de África	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	0.1	43.6%	0.1%
China	^	^	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.8	2.5	218.0%	4.5%
Japón	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.5	3.3	4.5	36.6%	8.1%
Corea del Sur	^	^	^	^	^	^	0.1	0.3	0.6	0.8	0.9	14.0%	1.6%
Otros de Asia Pacífico	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	1.0	130.2%	1.8%
Total de Asia Pacífico	0.5	0.7	0.9	1.2	1.6	1.9	2.3	2.8	3.8	5.3	8.9	68.2%	16.0%
Total Mundial	1.2	1.6	2.0	2.6	3.7	5.0	6.7	11.2	19.0	29.9	55.7	86.3%	100.0%
De los cuales : OCDE	1.2	1.5	1.9	2.5	3.5	4.9	6.5	10.9	18.4	28.9	52.7	82.6%	94.7%
No-OCDE	^	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.6	1.0	3.0	188.3%	5.3%
Unión Europea	0.2	0.3	0.4	0.7	1.5	2.5	3.8	7.4	14.1	23.1	44.5	92.3%	79.8%
Anterior Unión Soviética	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Basado en la generación bruta y no se debe tomar en cuenta para el suministro transfronterizo de electricidad.

^ Menos 0.05.

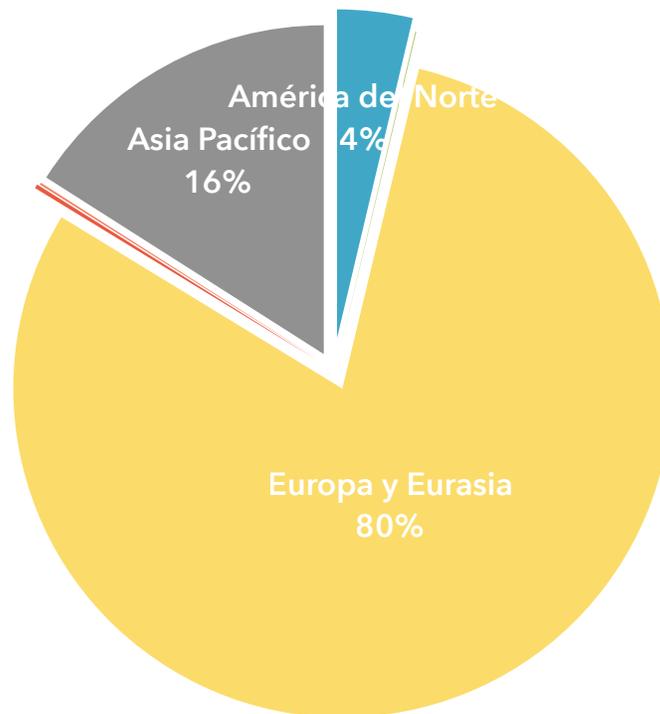
♦ Menos 0.05%.

Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 y Eslovenia antes de 1991.

 Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum *Renewables - Solar consumption - TWh*, Estatistical Review World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la gráfica 4.1, se puede apreciar, que la región con mayor consumo registrado al final de 2011, en cuanto a energía solar fue Europa y Eurasia con 80%, seguido por la región de Asia Pacífico con 16%, y la tercera zona geográfica, América del Norte, registró un consumo del 4%. Cabe señalar que las zonas de Sur y Centro América, África, y Oriente Medio, registran consumos inferiores al 1%.

GRÁFICA 4.1 CONSUMO DE ENERGÍA SOLAR POR ZONA GEOGRÁFICA AL FINAL DE 2011



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Renewables -Solar consumption- TWh, Estactical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 de enero de 2013), [s.p.].

4.3 Energía Solar, Capacidad Fotovoltaica Instalada

La capacidad de la energía solar fotovoltaica para América del Norte, como se aprecia en la tabla 4.3, fue de 7.3% hacia el final de 2011, con una evolución respecto al año 2010 de 78.0%. Contribuyen al total mundial, también hacia el final de 2011: Estados Unidos con el 6.3% y 4,383 Megawatts (MW) de capacidad instalada en éste periodo citado, Canadá con el 0.9% y con una capacidad de 654 (MW) en ese mismo año y México con el 0.1% y con 41 (MW) igualmente en ese mismo periodo. El país que tuvo un mayor incremento, con respecto al año 2010, fue Canadá con el 124.7%, seguido por Estados Unidos con el 73.2%, y México con el 32.7%.³⁰

La mayor participación de energía solar fotovoltaica fue Europa y Eurasia, con el 74.0% de contribución al total mundial, y tuvo un incremento respecto a 2010 de 72.2%. Así mismo, en ésta zona, el país con mayor capacidad instalada fue Alemania que con el 35.8% ocupa el primer lugar a nivel mundial. Además, tuvo un incremento de 43.3% respecto al año 2010. De hecho, la capacidad instalada de energía fotovoltaica, que realizó éste país, al final de 2011 fue también la más alta con 24,820 (MW).³¹

El segundo país de esta región y también del mundo es Italia, que participa con el 18.4% al total mundial, y con un incremento de 2010 a 2011 de 265.0%. Después de Alemania, fue el país que instaló mayor capacidad de energía fotovoltaica al final de 2011 con 12,782 (MW). El siguiente país de importancia, en lo que se refiere a capacidad instalada fue España, que se encuentra casi a la par de Estados Unidos, con el 6.2% de participación al total mundial y con una evolución de 2010 a 2011 de 9.1%. Así mismo, la capacidad que instaló hacia el final de 2011 fue de 4,270 (MW).³²

El séptimo país en el mundo con mayor capacidad de energía fotovoltaica hacia el final de 2011 fue Francia con el 3.7% de participación al total mundial, además su capacidad al final de 2011 fue de 2,576 (MW). En la región de Asia Pacífico, el país con mayor capacidad instalada, hacia el final de 2011, fue Japón, con el 7.1% y con un incremento de 2010 a 2011 de 35.8% y con 4,914 (MW) hacia finales de 2011.³³

Finalmente China, es otro de los países cuya contribución al total mundial fue de 4.3% hacia el final de 2011 y con un incremento de 2010 a 2011 de 275%.³⁴

³⁰ Con base en, British Petroleum, *Renewables Cumulative installed photovoltaic (PV) power- TWh*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

³¹ Con base en, *Idem*.

³² Con base en, *Idem*.

³³ Con base en, *Idem*.

³⁴ Con base en, *Idem*.

Tabla 4.3 Capacidad Fotovoltaica Instalada, Energía Solar (2001-2011)

CAPACIDAD INSTALADA FOTOVOLTAICA (en Megawatts)													
ENERGÍA SOLAR													
País o región	Evolución 2001 a 2011											Cambio	2011
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 sobre	participación
												2010	del total
Estados Unidos	168	212	275	376	479	624	831	1169	1616	2534	4389	73.2%	6.3%
Canadá	9	10	12	14	17	21	26	33	95	291	654	124.7%	0.9%
México	15	16	17	18	19	20	21	22	25	31	41	32.7%	0.1%
Total de Norte América	192	238	304	408	514	664	877	1223	1736	2856	5084	78.0%	7.3%
Austria	6	10	17	21	24	26	28	32	53	96	174	82.0%	0.3%
Bélgica	0	0	0	0	2	4	27	108	627	1044	1820	74.3%	2.6%
Bulgaria	0	0	0	0	0	0	0	1	7	35	135	286.9%	0.2%
República Checa	0	0	0	0	0	1	3	64	462	1952	1959	0.4%	2.8%
Dinamarca	2	2	2	2	3	3	3	3	5	7	17	135.2%	0.0%
Finlandia	3	3	3	4	4	4	4	4	5	7	8	21.7%	0.0%
Francia	14	17	21	26	33	44	75	180	335	1054	2576	144.4%	3.7%
Alemania	186	296	435	1105	2056	2899	4170	6120	9914	17320	24820	43.3%	35.8%
Grecia	0	0	1	3	5	7	8	18	55	205	631	207.8%	0.9%
Italia	20	22	26	31	38	50	120	458	1181	3502	12782	265.0%	18.4%
Holanda	21	26	46	49	51	52	53	57	68	88	118	34.1%	0.2%
Noruega	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	4.4%	0.0%
Portugal	1	2	2	3	3	3	18	68	102	131	144	9.7%	0.2%
Eslovaquia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148	462	212.2%	0.7%
España	4	7	12	24	49	148	705	3463	3523	3915	4270	9.1%	6.2%
Suecia	3	3	4	4	4	5	6	8	9	11	19	64.0%	0.0%
Suiza	18	20	21	23	27	30	36	48	74	111	211	90.2%	0.3%
Turquía	1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	12	91.7%	0.0%
Reino Unido	3	4	6	8	11	14	18	23	26	70	1014	1352.8%	1.5%
Resto de la Unión Europea	3	5	18	28	29	30	31	37	44	103	173	67.9%	0.2%
Total de Europa	289	424	621	1340	2348	3330	5317	10704	16502	29814	51353	72.2%	74.0%
Australia	34	39	46	52	61	70	83	105	188	571	1345	135.6%	1.9%
China	30	45	55	64	68	80	100	140	300	800	3000	275.0%	4.3%

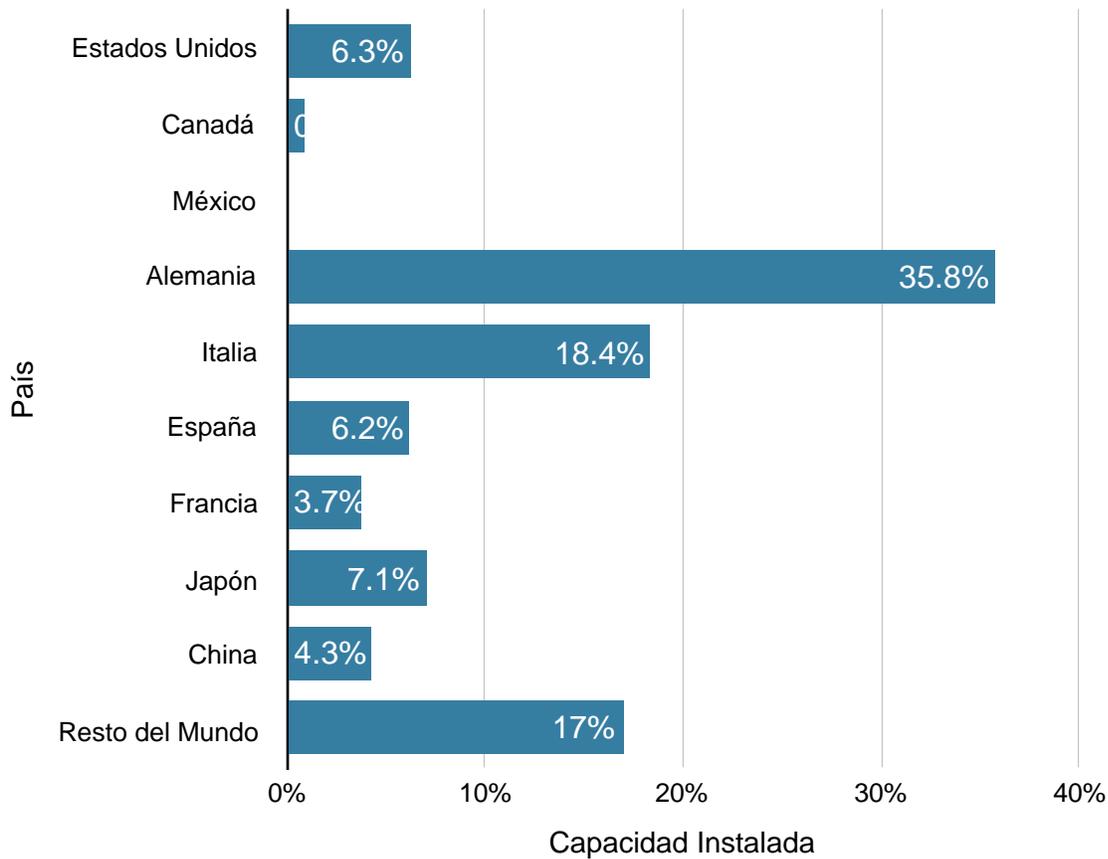
Israel	0	0	0	1	1	1	2	3	25	70	200	186.0%	0.3%
India	2	4	6	10	18	30	31	71	101	161	427	165.2%	0.6%
Japón	453	637	860	1132	1422	1709	1919	2144	2627	3618	4914	35.8%	7.1%
Corea del Sur	5	5	6	9	14	36	81	358	524	656	748	14.0%	1.1%
Malaysia	0	0	0	0	0	6	7	9	11	13	13	0.0%	0.0%
Resto del Mundo	754	832	906	932	913	1041	1147	1224	1286	1472	2288	55.4%	3.3%
Total Otros	1277	1561	1878	2199	2496	2972	3369	4053	5061	7360	12934	75.7%	18.6%
Total Mundial	1758	2224	2803	3947	5358	6967	9564	15981	23299	40030	69371	73.3%	100.0%

* Al final del año.

Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum, *Renewables Cumulative installed photovoltaic (PV) power-TWh*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En lo que se refiere a capacidad instalada de energía fotovoltaica, como se puede observar en la gráfica 4.2, el país que registra un mayor consumo, al final de 2011, fue Alemania con el 35.8%, el segundo fue Italia con el 18.4% y el tercero fue Japón con el 7.1%.

Gráfica 4.2 CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA POR REGIONES AL FINAL DE 2011



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Renewables -Solar consumption- TWh, Estactical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 de enero de 2013), [s.p.].

El siguiente tipo de energía que se describe a continuación es la biomasa y sus derivados:

4.4 La Biomasa

Debido a que los hidrocarburos son una fuente de energía finita, cuya extinción se aproxima cada vez con mayor rapidez, dado el fuerte incremento de su demanda, y esto, por la irrupción de las economías emergentes que requieren este tipo de combustible, en cantidades considerables para su desarrollo y así, estar a la par de las economías que ya han alcanzado una evolución importante. Es por ello, que ha sido preciso buscar otras fuentes de energía alternativas sostenibles, como los biocombustibles, entre los cuales destaca la *Biomasa*.³⁵

La biomasa abarca cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido origen inmediato en algún proceso biológico, tanto de origen vegetal como animal. Éste combustible, puede presentarse de diferentes formas y proceder de fuentes muy variadas, como en forma sólida, sobresaliendo las explotaciones forestales: leña, ramas, cortezas de árboles, etc.; productos agrícolas: cultivos, residuos como resultado de la elaboración de alimentos, el estiércol animal y los componentes orgánicos de residuos sólidos urbanos, etc. Pero también puede presentarse en forma líquida y gaseosa, como por ejemplo, las aguas residuales y los gases vertederos, respectivamente.³⁶

La biomasa es una materia orgánica que actúa como una bacteria natural que almacena energía y que a su vez, se puede convertir en otras formas de energía como la electricidad y los biocombustibles para el transporte, así como, generar calor para los hogares y para las necesidades de las industrias.³⁷

La energía que contiene la biomasa puede ser aprovechada de forma directa por la combustión (energía liberada al romperse los enlaces compuestos orgánicos durante la combustión), o de forma indirecta a través de compuestos derivados como alcoholes, gases de digestión anaeróbica, los cuales a su vez se utilizarán en un proceso de combustión.³⁸

Los biocombustibles que se obtienen del procesamiento de las materias primas de la biomasa, como ya se mencionó, pueden ser sólidos, entre los que destacan, los gránulos de madera y astillas; y también pueden ser gaseosos, como biogás, biometano, o gas de síntesis, así como, líquidos, como el etanol o biodiesel.³⁹

³⁵ Con base en, Fernando Mosquera Silvé, *Introducción a los Biocombustibles, Una Energía con Futuro*, [s.l.e.], E-book, 2014, p. 5., Agencia Internacional de Energía, *Biomass Explained*, EUA, [s.a.] < http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biomass_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

³⁶ Con base en, Fernando Mosquera Silvé, *op. cit.* p. 7.

³⁷ Con base en, *Ibid.* p. 8.

³⁸ Con base en, *Ibid.* p. 9.

³⁹ Con base en, *Ibid.* p. 10.

La forma más común de la biomasa es la madera y es que, desde cientos de años atrás y aún hasta el día de hoy, la gente ha utilizado la leña como fuente de energía para la calefacción y la cocina. Es por ello, que la madera sigue siendo una fuente importante de energía en gran parte del mundo en desarrollo. La corteza de los árboles, el aserrín, las astillas y los desechos de madera y los residuos de las fábricas de papel son fuente de energía que se usan hoy en día. Estos se pueden quemar para producir calor, vapor o para generar electricidad, tanto en las industrias como en los hogares.⁴⁰

La biomasa se puede clasificar de la siguiente manera:⁴¹

1. Biomasa primaria o de calidad

Se da mediante el aprovechamiento de los procesos espontáneos de transformación que poseen algunos seres vivos y esto se logra, debido a que la energía solar que llega a la Tierra, se transforma en energía química, y se utiliza directamente en el aprovechamiento energético de la madera de bosques y selvas, en la agricultura y en cultivos industriales de microorganismos de forma artificial. Éste tipo de energía se utiliza en las necesidades primarias del hombre, como alimentarse, y en necesidades secundarias, como industrias de papel y de fármacos, etc.

2. Biomasa secundaria o de residuos naturales

Consiste en el aprovechamiento de los residuos propios de los seres vivos convirtiéndolos en energía, por ejemplo, en gas. El origen de estos residuos, radica en la recuperación de los excrementos de los animales, en el carbón vegetal, etc., para producir la transformación en biogás.

3. Biomasa terciaria o de energía renovable

También llamada la recuperación energética de los residuos del hombre, consiste en la recuperación de la energía que desecha el hombre, y se realiza, ya sea, a través del reciclaje de aquellos materiales que se pueden volver a utilizar o la incineración de los materiales que no pueden volver a utilizarse.

⁴⁰ Con base en, Fernando Mosquera Silván, *op. cit.* p. 10.

⁴¹ Con base en, José Antonio Domínguez Gómez, *Energías Alternativas*, Madrid, Equipo Sirius 3ª Ed, E-Book, [s.a], pp. 41-43.

4.4.1 Características de la biomasa

Las materias primas de la biomasa y los combustibles, que de ella se obtienen, presentan una amplia categoría de propiedades físicas y químicas, lo que conlleva a que sean más fáciles de gasificar que el carbón, por ejemplo, debido a que son más reactivos y con una mayor estabilidad de ignición. Esta característica también hace que sean más fáciles de procesar termoquímicamente en combustibles de mayor valor, como el metanol o el hidrógeno. Así también, el contenido de cenizas es normalmente menor que el de muchos combustibles fósiles. A diferencia del carbón, el cual puede contener metales tóxicos y otras sustancias contaminantes, las cenizas de la biomasa pueden utilizarse como reparadores del terreno para ayudar a reponer los nutrientes eliminados durante la recolección.⁴²

4.4.2 Cultivos energéticos

Los cultivos energéticos, constituyen la principal materia prima para la producción de biocombustibles. Éstos, son cultivos agrícolas o producidos expresamente con fines energéticos, a diferencia de los dedicados a la producción de alimentos, los cuales, han constituido la actividad tradicional en la agricultura. La biomasa resultante puede transformarse tanto en biocombustibles líquidos, para utilizarse en motores de combustión interna, como en biocombustibles sólidos, para su aprovechamiento en aplicaciones térmicas para la generación de calor y electricidad.⁴³

Para obtener el mayor provecho posible de los cultivos dedicados con fines energéticos, es preciso que reúnan una serie de características como son: altos niveles de productividad en biomasa, con bajos costos de producción para que la producción de biocombustibles sea económicamente viable en relación con los combustibles de origen fósil.⁴⁴

Los cultivos con fines energéticos se clasifican como sigue:⁴⁵

1. Cultivos oleaginosos, productores de aceite para su transformación en biodiesel, como son la soja, la colza, la jatrofa, el girasol y el aceite de palma.
2. Cultivos alcoholígenos, productores de azúcares o almidones y que sirven para la producción de alcohol para su transformación en etanol y otros biocombustibles, como son la caña de azúcar, el maíz, el sorgo dulce, la remolacha y otros cereales.

⁴² Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* pp. 10, 11.

⁴³ Con base en, *Ibid*, p.12.

⁴⁴ Con base en, *Ibid*, p.13.

⁴⁵ Con base en, *Ibid*, p.14.

3. Cultivos productores de biomasa lignocelulósica para la producción de biocombustibles líquidos de segunda generación a partir principalmente de cultivos de alta densidad y corta rotación como los álamos, los sauces, los eucaliptos y cultivos herbáceos pastos; y para la producción de biocombustibles sólidos como las briquetas, a partir de cultivos leñosos tradicionales.

4.4.3 Procesos de conversión de la biomasa

Una vez que se detecta la fuente de energía, la energía misma se tiene que transformar y se logra a través de los siguientes procesos de conversión:⁴⁶

1. Procesos termoquímicos

Se producen a través de la interacción de calor en las reacciones químicas que a su vez ocurren en los procesos de conversión energética como los siguientes:

a) Combustión directa de la biomasa

Éste proceso consiste en la oxidación térmica de la materia (quema de la materia) aprovechando el alto poder calorífico de la misma. Se puede utilizar en todos aquellos lugares en los que se necesite el calor, como son: hogares, granjas, industrias, etc. También se puede transformar, esta energía, en electricidad, siguiendo el modelo de las centrales térmicas, en lugar de combustibles fósiles.

b) Pirolisis

Es la descomposición físico-química de la materia mediante calentamiento en ausencia de oxígeno. Mediante este método, se puede obtener carbón vegetal, aceites y algunos compuestos gaseosos que contienen hidrocarburos, hidrógeno, dióxido y monóxido de carbono, así como nitrógeno.

⁴⁶ Con base en, José Antonio Domínguez Gómez, *Energías Alternativas*, Madrid, Equipo Sirius [s.a], 3ª Ed, pp. 44-49, y Luis Palacios Arribas, *Cuaderno elemental de la energía de la biomasa*, Madrid, Comunidad de Madrid, E-Book, 2006, pp. 20-22.

c) Gasificación

Es el aprovechamiento de la materia cuando pasa de un estado sólido a un estado gaseoso y esto se consigue cuando la materia se encuentra en determinadas condiciones de presión y temperatura. De esta forma se obtiene biogás tal y como sucede con combustibles fósiles.

2. Procesos bioquímicos

Son aquellos en los que la vida está implícita y estos pueden ser:

a) Fotoproducción de combustibles

Son aquellos en los que ciertos organismos, obtienen combustibles y oxígeno, mediante la acción de la energía procedente del Sol y partiendo de compuestos orgánicos e inorgánicos y de estos se obtienen los siguientes:

a. Fotoproducción de hidrógeno

Se obtiene principalmente a partir de la biofotosíntesis de la molécula del agua, para obtener hidrógeno y una vez hecho esto, el hidrógeno se puede utilizar como combustible, lo cual es un combustible ideal, porque en su combustión se obtiene el mayor aporte energético conocido hasta el momento.

b. Fotoproducción de amoníaco

Sucede que algunos microorganismos, en presencia de nitrógeno, nitratos y un aporte energético procedente de la luz solar, son capaces de obtener amoníaco.

c. Fotoproducción de agua oxigenada

Cierta variedad de organismos son capaces de obtener agua oxigenada.

b) Fermentación alcohólica

Es un proceso, en el cual se realiza en presencia de oxígeno, aunque en muy pocas cantidades. Las levaduras, que son microorganismos, transforman los hidratos de

carbono en etanol, recuperado por destilación. El etanol puede ser utilizado para la obtención de calor, energía mecánica y como resultado en energía eléctrica.

c) Digestión anaerobia

En este proceso, ciertas bacterias, en ausencia de oxígeno, son capaces de transformar la materia prima en biogás, principalmente metano y anhídrico carbónico, que suele ser utilizado en motores de combustión, los cuales podrían obtener energía mecánica y, en consecuencia, energía eléctrica, así como calor al utilizar el biogás como combustible.

La biomasa, también, puede ser convertida en otras formas utilizables de energía, como el etanol, el gas metano o combustible para el transporte, y el biodiesel:

1. Etanol

Es el componente esencial de las bebidas alcohólicas y es un alcohol combustible incoloro a partir de los azúcares que se encuentran en los granos, tales como: maíz, sorgo y cebada, principalmente; así mismo, existen otras fuentes de azúcares para producir etanol como: el arroz, caña de azúcar, remolacha azucarera y recortes de pasto.⁴⁷

En la mayoría de los casos, el etanol utilizado, proviene del destilado de maíz, sin embargo, también se puede producir etanol de fuentes más accesibles como árboles, así como también, de una gran variedad de plantas. Por otro lado, puesto que el alcohol es creado por la fermentación del azúcar, los cultivos de caña de azúcar y la remolacha azucarera, son los ingredientes más fáciles de convertirse en alcohol, de ahí la importancia de procesarlos para obtener éste combustible.⁴⁸

El etanol también puede producirse mediante la celulosa de madera. Éste tipo de etanol, es considerado una fuente de biocombustible muy importante, aunque su proceso de producción es más complicado que el etanol convencional, el cual como ya se mencionó, es a partir de azúcares o almidones. Sin embargo, con este proceso se puede elaborar etanol mediante árboles, hierbas y residuos agrícolas.⁴⁹

⁴⁷ Con base en, Cadena Agroindustrial, *Etanol, Modelo Molecular del Etanol*, Managua, IICA, 2004, p. 5 y Agencia Internacional de Energía, *Biomass Explained*, EUA, [s.a.] <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biofuel_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

⁴⁸ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Biomass Explained*, EUA, [s.a.], <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biofuel_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

⁴⁹ Con base en, *Idem*.

Al etanol, también se le conoce como bioetanol y como alcohol etílico, o alcohol puro, sus características son las siguientes: es un alcohol, ligero, volátil, incoloro, inflamable, líquido, con un olor característico, biodegradable, y con una temperatura de ebullición de 78.5 grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) en estado anhidro, además es un buen disolvente y se puede mezclar con agua y con otros componentes orgánicos.⁵⁰

El etanol, aparte de usarse como bebida alcohólica, se utiliza como combustible y como producto químico, por ejemplo como disolvente, y además, posee la propiedad de absorber agua cuando está almacenado pudiendo mezclarse con agua en cualquier proporción.⁵¹

Hay una gran variedad de materias primas a partir de las cuales se puede producir etanol. De hecho, cualquier materia prima que contenga cantidades significativas de azúcar, o sustancias que se puedan convertir en azúcar, tales como el almidón o la celulosa, y además de que se pueden utilizar para producir etanol, de éstas existen tres grupos:⁵²

1. Cultivos que contienen azúcar como son: caña de azúcar, la remolacha azucarera y, en menor medida, el sorgo dulce y frutas en general, así como las malezas.
2. Cultivos que contienen almidón, como los cereales: maíz, trigo, cebada, centeno, etc., y tubérculos: papas, mandioca, boniato.
3. Residuos agrícolas tales como: rastrojo de maíz, paja, bagazo, plantas herbáceas, y otras materias primas: leña, astillas de madera, residuos forestales, etc.

Se considera que el etanol es neutro en carbono ya que las plantas que se utilizan para la producción de éste combustible, absorben el CO_2 a medida que crecen y pueden compensar las emisiones que se producen cuando se da el proceso en la producción de energía.⁵³

Las materias primas para producir etanol, más importantes, son: caña de azúcar; maíz; trigo; y remolacha azucarera, así como otros cereales, utilizadas principalmente en Brasil y otras regiones tropicales; Estados Unidos, y Europa, respectivamente.⁵⁴

⁵⁰ Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 20.

⁵¹ Con base en, *Idem.*

⁵² Con base en, *Idem.*

⁵³ Con base en, *Idem.*

⁵⁴ Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 21.

Dado que los cítricos contienen una gran cantidad de azúcar, se pueden utilizar sus residuos para producir etanol y esto cobra mayor importancia, en vista de que se produjeron en 2012 15.6 millones de toneladas, a nivel mundial, de desechos de naranjas y otros cítricos.⁵⁵

Los países que tienen una importante producción de cítricos son Brasil, Estados Unidos y España.⁵⁶

Parte de la producción de cítricos, se utiliza para producir jugo, lo que trae como consecuencia, la generación de una gran cantidad de residuos de los cuales se puede obtener etanol.⁵⁷

En el mundo se producen alrededor de 70 millones de toneladas de naranjas al año, de los cuales en Valencia, España, se producen 5 millones de toneladas y de éstas una tonelada se utiliza para producir jugo, lo que genera 600,000 toneladas de residuos. Ahora bien, si éstos residuos se utilizan para producir etanol, se lograría un importante avance en la limpieza del planeta.⁵⁸

Por consiguiente, el etanol, es el biocombustible más utilizado, a nivel mundial, para sustituir a la gasolina. En la tabla 4.4 se ilustra la producción de etanol por país y región al final de 2010 y 2011.⁵⁹

⁵⁵ Con base en, *Ibid*, p. 21.

⁵⁶ Con base en, *Ibid*. p. 22.

⁵⁷ Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 23.

⁵⁸ Con base en, *Idem*.

⁵⁹ Con base en, *Idem*.

TABLA 4.4 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ETANOL, 2010 Y 2011 (EN MILLONES DE LITROS)

País	Producción 2010	Producción 2011	Consumo 2010	Consumo 2011
Brasil	28,205	22,750	22,164	19,292
China	2,147	2,263	2,147	2,263
Estados Unidos	50,342	52,731	48,679	48,811
Tailandia	435	517	406	406
Alemania	754	772	1,451	1,538
Austria	145	145	128	122
Bélgica	290	377	93	93
España	464	464	234	230
Finlandia	17	17	145	157
Francia	1,045	1,045	871	929
Holanda	116	116	261	302
Hungría	186	186	116	104
Irlanda	12	12	58	58
Italia	116	58	302	284
Letonia	18	6	17	17
Lituania	46	18	23	17
Polonia	232	168	348	290
República Checa	121	110	116	116
Rumania	17	17	72	139
Suecia	203	197	406	406
Reino Unido	290	290	638	650
Resto del Mundo	3,454	4,351	3,613	5,117
Total de Europa	4,194	3,998	5,700	5,452
Total Mundial	88,574	86,610	82,288	81,341

Fuente: Elaboración propia con base en, Fernando Mosquera Silvén, Introducción a los Biocombustibles, Una Energía con Futuro, [s.l.e.], E-book, 2014, pp. 23, 24.

De la tabla anterior, se infiere que los países con mayor producción y consumo registrado, al final de 2010 y 2011 son Estados Unidos y Brasil.⁶⁰

El etanol es actualmente más barato que la gasolina, por ejemplo, en los Estados Unidos se produce el etanol más barato del mundo.⁶¹

El etanol tiene una serie de ventajas como combustible, por ejemplo, su elevado nivel de octanaje, lo que conlleva a una notable resistencia de detonación, permitiendo aumentar la relación de compresión y avanzar el encendido, consiguiendo así, aumentar la eficiencia del motor, y generando con esto más potencia. Sin embargo, también presenta algunas desventajas, como es el hecho de que el contenido de oxígeno, hace que se incremente el consumo volumétrico de combustible y dada su capacidad de oxidación, puede tener problemas de compatibilidad con algunos materiales del motor, como son los metálicos. También puede tener algunos problemas de funcionamiento y de puesta en marcha con bajas temperaturas.⁶²

2. Biodiesel de aceite vegetal

Al igual que el etanol, el biodiesel es un combustible renovable que puede usarse en lugar del combustible diésel, el cual, éste último, se elabora a partir del petróleo. El biodiesel se puede elaborar mediante aceites vegetales y grasas de animales o grasas provenientes de los restaurantes, entre los más comunes. La mayoría de biodiesel es de aceite de soja.⁶³

El biodiesel es químicamente similar al del petróleo y se puede hacer de casi cualquier materia prima que contenga una cantidad adecuada de ácidos grasos libres, que son las materias primas que se convierten en biodiesel mediante un proceso químico. Investigaciones recientes demuestran que las algas marinas contienen grasa que puede ser procesada para obtener biodiesel.⁶⁴ También es posible elaborar combustible diésel a partir de material celulósico, como corteza de los árboles o el mijo.⁶⁵

⁶⁰ Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 25.

⁶¹ Con base en, *Idem.*

⁶² Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 27.

⁶³ Con base en, Pedro Nel Benjumea, *et. al, Biodiesel, Producción, Calidad y Caracterización*, Medellín, Universidad de Antioquía, 2009, pp. 1-2, y Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 27.

⁶⁴ Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 32.

⁶⁵ Con base en, Luis Palacios Arribas, *Cuaderno elemental de la energía de la biomasa*, Madrid, Comunidad de Madrid, E-Book, 2006, p. 54.

El biodiesel es también un combustible líquido compuesto de ésteres⁶⁶ mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga, derivados de aceites vegetales o grasas animales. El término mono alquílico significa que el biodiesel contiene solamente un enlace éster en cada molécula. Además de los aceites vegetales y las grasas animales, el biodiesel se puede obtener a partir de residuos de aceite para cocinar. Las características físicas y las propiedades del biodiesel, como ya se comentó, son similares, aunque no iguales, a las del combustible diésel procedente del petróleo, variando sus propiedades según el tipo de aceite vegetal o grasa animal de donde se obtiene.⁶⁷

Hay una gran variedad de materias primas a partir de las cuales se puede obtener el biodiesel. El uso preferente de unas u otras depende del rendimiento productivo de cada una de ellas y del país productor del biodiesel, con base principalmente en las condiciones ventajosas de cultivo de cada una de las materias primas y de su productividad. Las materias primas de las cuales se obtiene el biodiesel se pueden clasificar de la siguiente manera:⁶⁸

1. Cultivos oleaginosos: Soja, colza, aceite de palma, aceite de girasol, aceite de nuez de coco, cacahuete y las algas.
2. Grasas animales: El cebo vacuno, manteca de cerdo y grasas de pescado.
3. Aceites y grasas de cocinar reciclados.
4. Biomasa lignocelulósica.

El biodiesel se obtiene mediante un proceso denominado transesterificación, en el que se combinan los triglicéridos (aceite o grasa) con un alcohol de bajo peso molecular que reacciona en presencia de un catalizador, produciendo un éster metílico o etílico y glicerina, que puede ser utilizada, ésta última, en la industria de cosméticos y en la farmacéutica.⁶⁹

Normalmente el alcohol utilizado es etanol o metanol, sobretodo etanol porque es más barato y tiene la ventaja que en el proceso de transesterificación la glicerina que se produce se puede separar al mismo tiempo. Al separar la glicerina se consigue reducir la viscosidad del biodiesel. En el caso de la biomasa lignocelulósica, primeramente se convierte en gas sintético (syngas),

⁶⁶ El término abarca a un conjunto muy heterogéneo de compuestos naturales como son grasas y aceites que reaccionan con alcohol, con base en, Eduardo Primo Yúfera, *Química Orgánica Básica y Aplicada, De la molécula a la industria*, Barcelona, Reverté, 2007, p. 927.

⁶⁷ Con base en, Luis Palacios Arribas, *op. cit.* pp. 65, 66.

⁶⁸ Con base en, Fernando Mosquera Silvé, *op. cit.*, p. 32.

⁶⁹ Con base en, *Idem*.

en el que se purifica para después convertirlo en líquido mediante el proceso denominado Fischer – Tropsch.⁷⁰

Las materias primas más utilizadas actualmente para la obtención del biodiesel son la soja, utilizada principalmente en Brasil y Estados Unidos; la colza, en la Unión Europea, y el aceite de palma, en los países tropicales y subtropicales.⁷¹

El biodiesel tiene una amplia utilización a nivel mundial como combustible para el transporte, por ejemplo, además puede ser utilizado para sustituir o mezclar al diésel convencional obtenido a partir del petróleo, aunque en menor medida que el etanol. Además el biodiesel es el principal combustible utilizado en la Unión Europea, que en el 2012 representó el 70% del total de biocombustibles; obtenido principalmente a partir de aceite de colza, (dos terceras partes del total), aceites reciclados, aceite de palma, y aceite de soja.⁷²

En la tabla 4.5 se muestra la producción y consumo de biodiesel al final de 2010 y 2011 por país y por zona geográfica.

⁷⁰ Con base en, *Idem*.

⁷¹ Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 32.

⁷² Con base en, *Idem*.

TABLA 4.5 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE BIODIÉSEL, 2010 Y 2011 (EN MILLONES DE LITROS)

País	Producción 2010	Producción 2011	Consumo 2010	Consumo 2011
Argentina	2,089	2,747	575	850
Brasil	2,387	2,673	2,462	2,612
China	348	453	348	406
Colombia	418	522	418	522
Corea del Sur	377	366	377	366
Estados Unidos	1,300	3,662	995	3,357
Tailandia	638	592	638	592
Alemania	2,844	3,018	2,931	2,751
Austria	331	360	598	551
Bélgica	493	505	371	360
Dinamarca	99	157	6	30
España	929	696	1,509	1,857
Finlandia	325	232	116	116
Francia	2,147	1,973	2,321	2,350
Grecia	139	116	163	134
Holanda	435	557	122	209
Irlanda	64	52	75	87
Italia	842	650	1,740	1,799
Polonia	406	435	696	870
Portugal	348	319	406	406
Suecia	232	290	232	300
Reino Unido	232	232	232	929
Total de Europa	9,866	9,592	11,518	12,749
Resto del Mundo	1,325	2,017	2,242	1,695
Total Mundial	18,748	22,624	19,573	23,149

Fuente: Elaboración propia con base en, Fernando Mosquera Silván, Introducción a los Biocombustibles, Una Energía con Futuro, [s.l.e.], E-book, 2014, pp. 32, 33.

Por consiguiente, se puede decir que el biodiesel es un combustible renovable, no tóxico, biodegradable, que tiene una combustión más limpia que el diésel obtenido a partir del petróleo y es muy bajo en sulfuro, por lo que reduce significativamente las emisiones de gases tóxicos y contaminantes, y reduce así mismo, las emisiones de gases de efecto invernadero en un 41%, si se obtiene a partir de cultivos cosechados en terrenos que ya estaban en producción.⁷³

Cuando se utiliza una mezcla de 20% de biodiesel con 80% de diésel convencional se consigue reducir las emisiones de partículas contaminantes en un 10%, la emisión de hidrocarburos en un 21% y las emisiones de monóxido de carbono en un 11%, sin embargo, si se utiliza biodiesel puro, sin mezclar, estas cifras aumentan en, alrededor de cinco veces.⁷⁴

La ignición del biodiesel se produce más rápidamente, debido a la presencia de oxígeno por lo que la combustión mejora y con ello reduce los efectos contaminantes, además de que es biodegradable.⁷⁵

3. Metanol

También conocido como alcohol metílico, o como alcohol de madera y como biometanol. Es el alcohol más básico, además es ligero, volátil, incoloro, inflamable, líquido, insípido, con un olor característico similar pero más suave que el del etanol, cuyas propiedades son semejantes. Es tóxico, por lo que es muy peligrosa su ingestión; también representa un problema su posible absorción dérmica accidental durante su manejo, pero es igual e incluso menos tóxico que la gasolina o el diésel.⁷⁶

Su denominación de alcohol de madera proviene, principalmente a partir de un proceso de destilación de la madera. En cuanto a la denominación de biometanol, se aplica principalmente para el metanol que se produce y utiliza como combustible para los vehículos, a partir de la biomasa, por lo que se le puede asignar la condición de biocombustible.⁷⁷

Las materias primas, a partir de las cuales se produce el metanol son las siguientes:⁷⁸

1. Fuentes no renovables, como son el gas natural y el carbón.

⁷³ Con base en, Eduardo Primo Yúfera, *op. cit.* p. 1119, Fernando Mosquera Silvé, *op. cit.*, p. 39.

⁷⁴ Con base en, Fernando Mosquera Silvé, *op. cit.* p. 39.

⁷⁵ Con base en, *Idem.*

⁷⁶ Con base en, *Ibid.*, p. 40.

⁷⁷ Con base en, *Ibid.*, p. 41.

⁷⁸ Con base en, *Ibid.*, p. 42.

2. Fuentes renovables, como son la biomasa lignocelulósica, como residuos agrícolas lignocelulósicos tales como paja, rastrojo de maíz, bagazo; otras materias primas lignocelulósicas como leña, astillas de madera, residuos forestales, residuos de papeles, plantas herbáceas, etc.
3. Mediante producción natural, como la que tiene lugar en el metabolismo anaeróbico de muchas variedades de bacterias, como el que ocurre en los vertederos.
4. A partir de la glicerina que se obtiene como subproducto del biodiesel.

La mayor parte del metanol se obtiene actualmente a partir del gas natural y del carbón. En el caso del gas natural, se produce mediante un proceso de purificación que lo transforma en gas de síntesis (syngas), seguido de una reacción catalítica que lo transforma finalmente en etanol. En lo que respecta al carbón, es necesario gasificarlo mediante oxígeno y vapor. En el caso de la biomasa se obtiene mediante procesos termoquímicos para transformarlo, primeramente en gas de síntesis y en seguida depurarlo. En lo que se refiere a la glicerina, primero se purifica mediante destilación al vacío y a continuación se gasifica.⁷⁹

Además de su utilización en la elaboración de una gran variedad de materiales, como son, por ejemplo, fibras sintéticas, resinas, jabones, pinturas, disolventes, líquido anticongelante, etc., y como combustible para generar electricidad.⁸⁰

El metanol tuvo su auge como combustible para los vehículos en los Estados Unidos entre los años 1970 y 2005, siendo posteriormente desplazado significativamente por el etanol. En el caso de la Unión Europea, su mejor época fue entre la década de los ochenta y noventa decreciendo después; sin embargo, está reviviendo el interés principalmente en los países escandinavos, con iniciativas para obtener biometanol, a partir de la biomasa, aprovechando la abundancia de residuos forestales existentes en sus territorios. Por su parte, China, es actualmente el mayor consumidor mundial de metanol para sus vehículos.⁸¹

El metanol como vehículo de energía, se puede transformar en gas natural sintético y distribuirlo y consumirlo por la red de oleoductos. También se puede consumir directamente en las instalaciones energéticas. El metanol se puede utilizar como carburante o como componente adicional para la gasolina.⁸²

⁷⁹ Con base en, Fernando Mosquera Silvén, *op. cit.* p. 43.

⁸⁰ Con base en, *Idem.*

⁸¹ Con base en, *Ibid.*, p. 44.

⁸² Con base en, Klaus Weissrnel, *et. al.*, *Química Orgánica Industrial*, Barcelona, Reverté, 1981, p. 34.

El metanol tiene un alto índice de octano⁸³, superior al de la gasolina, reduciendo así, la posibilidad de detonación, y mejorando la eficiencia del motor con una relación de compresión que le permite una mayor potencia y aceleración. Su índice de inflamabilidad es superior al de la gasolina, lo que hace que sea más seguro al ser menor el riesgo de que se inflame involuntariamente. También, su índice de biodegradabilidad es superior al de la gasolina, así como también, sus emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y partículas contaminantes son menores que las de la gasolina.⁸⁴

Al igual que el etanol y el biodiesel, el metanol presenta algunos inconvenientes; entre ellos destacan la densidad energética, que es bastante menor que la de la gasolina, alrededor de un 50%, e inferior a la del etanol, por lo que el consumo de combustible es mayor para un mismo recorrido del vehículo, por ejemplo. Otro de los inconvenientes es que la temperatura de inflamabilidad del metanol, es mayor que la de la gasolina, lo que provoca que el arranque en tiempo frío sea más difícil, que en el caso de la gasolina; no obstante, cuando se utiliza mezclado con gasolina se evita este problema. Por otra parte, el metanol es más corrosivo que el etanol, por lo que puede dañar las tuberías de combustible, así como los metales, por lo que se debe añadir algún aditivo para protegerlos.⁸⁵

Así mismo, también, en la naturaleza se produce el gas metano, como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas e inclusive de la basura, este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Puede constituir hasta el 97% del gas natural. En las minas de carbón se le denomina grisú y es muy peligroso por su facilidad para inflamarse.⁸⁶

4.4.4 Potencial de producción de la biomasa⁸⁷

Hoy en día, existen más de 1,500 millones de hectáreas, aproximadamente 12% de la superficie de la Tierra, que se están empleando en la producción de cultivos. Si bien es cierto, hay otras cantidades significativas de terrenos potencialmente adecuados para la agricultura.

Las regiones emergentes con mayor potencial de producción de la biomasa son: África Subsahariana, América Latina y el Caribe, así como los países bálticos, pero de todas ellas, el 90% de este potencial, pertenece a América Latina y a África Subsahariana. Esto

⁸³ El número de octano u octanaje es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones o explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil, con base en José Barroso Castillo, *¿Qué es el Octanaje?*, Cultura Científica, [s.a.], < <http://www.ref.pemex.com/octanaje/que.htm>>, [s.p.]. (21 de enero de 2014).

⁸⁴ Con base en, Fernando Mosquera Silvé, *op. cit.* p. 43.

⁸⁵ Con base en, *Idem*.

⁸⁶ Con base en, *Idem*.

⁸⁷ Éste apartado ha sido elaborado con base en, Fernando Mosquera Silvé, *Introducción a los Biocombustibles, Una Energía con Futuro*, E-Book, 2014, , pp. 205-240, Con base en, Luis Palacios Arribas, *Cuaderno elemental de la energía de la biomasa*, Madrid, Comunidad de Madrid, E-Book, 2006, pp.54-60.

permitiría disponer de terreno para el cultivo de la materia prima de la biomasa y la posterior producción de biocombustibles.

En el mundo se producen alrededor de 5,100 millones de toneladas secas de residuos agrícolas y 500 millones de toneladas secas de residuos forestales año tras año. Tomando como base que sólo el 10% de los residuos para la producción de biocombustibles de segunda generación, los cuales son obtenidos a partir de materias primas no alimentarias, el rendimiento total sería de 120 mil millones de litros de gasolina equivalentes, en forma de biodiesel o de etanol lignocelulósico, lo que representa alrededor de dos veces la demanda mundial de biocombustibles.

Para el año 2030, se espera que la producción agrícola y forestal aumente, y por consiguiente, aumentaría la cantidad de residuos disponibles; si el 10% de los residuos se utilizan para la producción de biocombustibles de segunda generación, se podrían obtener aproximadamente 155 mil millones de litros de gasolina equivalentes de biodiesel o etanol lignocelulósico, o 172 mil millones de litros de gasolina equivalentes de gas natural sintético (como resultado de la gasificación de la biomasa).

La estimación de la biomasa, en cuanto a su uso, podría incrementar cuatro veces más para el año 2050, lo que constituye un aumento de 23% del total de energía primaria y esto representa 3,600 millones de toneladas de petróleo al año, de las cuales, alrededor de 700 millones de toneladas de la biomasa total se consumiría en la producción de biocombustibles para el transporte y una cantidad similar para generar 4,450 Tera Vatios hora al año de electricidad. Los otros 2,900 millones de toneladas se utilizarían en la producción de sustancias químicas, generación de calor y en términos generales en la industria. Esto hace que la biomasa sea la fuente de energía renovable más importante.

Para alcanzar este volumen de producción, será necesario suministrar 15,000 millones de toneladas de biomasa al año a las plantas de procesamiento. De ésta cantidad, la mitad provendrá de cultivos y residuos forestales y el resto de cultivos energéticos producidos específicamente para éste fin. Se calcula que para el año 2050, el 26% de la demanda total de combustibles para el transporte sea de biocombustibles, lo que conlleva a una utilización del 4% de tierra cultivable y tierra utilizada para pastos en términos globales.

Se espera que con el tiempo, los biocombustibles de segunda generación desplazarán a los de primera generación (producidos principalmente a partir de cereales y aceites vegetales). La principal restricción para ello, será la disponibilidad de terreno para producir la biomasa necesaria de manera sostenible, sin que se vea afectada la seguridad alimentaria.

La superficie terrestre cuenta con 13,200 millones de hectáreas disponibles, de las cuales sólo el 0.19% de terreno se dedica a los cultivos energéticos para la producción de biocombustibles, esto es, 25 millones de hectáreas.

4.5 La Energía Geotérmica

La energía geotérmica, es la energía térmica que fluye desde el interior de nuestro planeta hacia la superficie y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y está ligada a los volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres. Es una fuente de energía inmensa y prácticamente inagotable, cuyo potencial es usado actualmente para la generación de electricidad y otros usos industriales.⁸⁸

El contenido total de calor almacenado al interior de la Tierra es de un potencial de 12.6 billones de exajoules,⁸⁹ y tan sólo en la corteza terrestre se encuentra un calor de unos 5,500 millones de exajoules.⁹⁰

De ésta energía, una gran cantidad está almacenada en el magma al interior de la Tierra y los flujos de calor desde allí, hacia las distintas capas superiores de la corteza, provocan cambios de temperatura a diferentes profundidades, conocidos como gradientes geotérmicos. Estos varían desde 15 grados centígrados, por kilómetro, hasta los 200 grados centígrados por kilómetro.⁹¹

La gran cantidad de energía térmica producida en forma continua hace que la energía geotérmica sea considerada como una fuente alterna de energía limpia. El calor que de ella emana, es debido al deslizamiento de las placas tectónicas, propiciando el ascenso del magma, el cual suele calentar grandes extensiones de roca en la profundidad, donde se pueden formar grandes yacimientos de fluido o roca seca caliente.⁹²

⁸⁸ Con base en, Edgar Rolando Santoyo, *Geotermia, Energía de la Tierra, México*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, p. 17, y Omar Guillén Solís, *op. cit.*, p. 73.

⁸⁹ Un watt equivale a un joule por segundo, (un joule es el trabajo necesario para producir un watt de potencia durante un segundo). Un exajoul es: $1 \times 10^{18} = 1,000,000,000,000,000,000$ joules ó un Trillón de joules, ó (12,600,000,000,000 exajoules = 1.26×10^{31} joules ó bien 12,600,000,000,000,000,000,000,000,000,000 joules). Con base en, Paul E. Tippens, *Física, Conceptos y Aplicaciones*, México, Mc Graw Hill, 2007 (7ª Ed.), pp. 37, 171.

⁹⁰ Con base en, Edgar Rolando Santoyo, *op. cit.* pp. 54, 55. Sergio Adrián Martín, *Fuentes alternas de energía, Energía limpia para un mundo mejor*, E-book, [s.a], pp.16-17.

⁹¹ Con base en, Edgar Rolando Santoyo, *op. cit.* pp. 19-21.

⁹² Con base en, *Idem*.

Así mismo también, el calor interno de la Tierra, proviene de una combinación de calor que aún se conserva desde su formación, y del calor producido por la desintegración de isótopos en su interior, como son el Uranio 238, 235 y el Torio 232.⁹³

Ésta desintegración de isótopos radioactivos, de vida muy larga, genera continuamente una enorme cantidad de calor, que contribuye a la reposición de energía desde el interior de la Tierra. El calor que se genera es de aproximadamente 24 terawatts.^{94 95}

La energía geotérmica consiste en extraer calor del magma incandescente de la Tierra mediante el agua que se encuentra en las profundidades del planeta. Ésta agua, proviene desde el interior en forma de calor, a través de vapor de agua o agua caliente en sí. Se puede transformar en energía eléctrica, o en calor, para uso humano, como por ejemplo para calentar los hogares en los edificios, o también se puede transformar para su posterior utilización en procesos industriales o agrícolas.⁹⁶

Para comprender mejor los procesos que subyacen en la generación de energía geotérmica, en el interior de la Tierra, es necesario explicar que la Tierra está conformada por tres capas concéntricas, desde la superficie hasta el centro, el cual está ubicado a 6,357.78 km de distancia con respecto a la superficie. Éstas capas concéntricas son: la superficial, también llamada, corteza terrestre, la cual está constituida por rocas en estado sólido que se pueden observar en forma directa. Su espesor consta de alrededor de 56 km en la masa continental.⁹⁷

La segunda capa, denominada, manto, se halla inmediatamente debajo de la primera capa (la corteza terrestre). Los materiales que constituyen a ésta tienen una composición mineral completamente distinta a la de las rocas de la parte superficial, así como una densidad bastante mayor.⁹⁸

Debido a las altas temperaturas existentes, en esas profundidades y su constitución misma, los materiales se hallan en un estado semifundido, otorgando al manto un comportamiento dinámico semejante al de una masa plástica. A partir de los 70 km de profundidad y hasta llegar a alrededor de los 2,900 km, se encuentra ésta capa.⁹⁹

⁹³ Los isótopos son átomos de un mismo elemento químico, con igual número de protones pero diferente número de neutrones, por consiguiente, tienen el mismo número atómico pero diferente masa atómica, en el caso del Uranio son tres: Uranio, 238, 235 y el Torio 232. Con base en, Instituto Geológico y Minero de España, *Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico*, Madrid, Mook, 2002, p.141.

⁹⁴ Con base en, Edgar Rolando Santoyo, *op. cit.* pp. 52, 53.

⁹⁵ Un terawatt, es $1 \times 10^{12} = 1,000,000,000,000$ y 24 terawatts son $24 \times 10^{12} = 24,000,000,000,000$, de watts o de joules. Con base en, Paul E. Tippens, *op. cit.* p. 171.

⁹⁶ Con base en, Sergio Adrián Martín, *op. cit.*, pp.16, 17.

⁹⁷ Con base en, Secretaría de Energía, *Energía Geotérmica, Energías Renovables*, Buenos Aires, [s.a.], <http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_geotermica.pdf>, (03 de enero de 2015), p. p. 5-6., Agencia Internacional de Energía, *Geothermal Explained*, (AIE), EUA, [s.a.], <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=geothermal_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

⁹⁸ Con base en, Secretaría de Energía, *op. cit.* pp. 5, 6.

⁹⁹ Con base en, *Idem*.

La tercera capa se le conoce como núcleo, y se caracteriza porque los componentes minerales que la constituyen poseen una densidad muy superior a la de las capas anteriores. Ésta capa se encuentra a distancia superior desde los 2,900 km¹⁰⁰ en adelante y posee dos capas: un núcleo sólido de hierro y un núcleo externo de roca fundida muy caliente, llamado magma.¹⁰¹

El calor que se encuentra, tanto en el manto como en el núcleo, se transmite en forma paulatina a la corteza, mediante flujos ascendentes de calor y al incorporarse a la atmósfera éste se disipa gradualmente.¹⁰²

Cuando las primeras minas fueron excavadas a unos pocos cientos de metros bajo el nivel del suelo, se dedujo, a partir de sensaciones físicas simples, que la temperatura de la Tierra aumenta con la profundidad, por lo tanto, en estos procesos se puede corroborar que en mayores profundidades se encuentran mayores temperaturas.¹⁰³

Una parte del agua que se escurre desde la superficie de la Tierra, debido a la lluvia, la nieve o el deshielo, se infiltra en el terreno, y a través de grietas y fracturas, puede alcanzar varios cientos de metros o inclusive hasta miles metros de profundidad. El agua que circula de la corteza a la profundidad, lo hace a través de rocas porosas; y los canales por donde circula el líquido, se conocen como acuíferos. Cuando el agua va penetrando y se deposita en reservorios, tiende a adoptar la misma temperatura que contiene la roca.¹⁰⁴

El magma que se encuentra cerca de la superficie terrestre en zonas con alta actividad volcánica, se puede explotar más y en algunos casos, el vapor o el agua caliente brotan espontáneamente por consecuencia de la temperatura del magma; en otros, es necesario inyectar agua en pozos y extraerla como vapor. Se utilizan varios métodos para buscar yacimientos geotérmicos, como por ejemplo la perforación de un pozo y las pruebas de la temperatura, las cuales se destacan por su confiabilidad para encontrar un yacimiento geotérmico.¹⁰⁵

Como se comentó en el párrafo anterior, cuando el magma se acerca a la superficie, calienta tanto el agua subterránea que se encuentra atrapada en rocas porosas, como el agua corriente localizada a lo largo de las superficies de roca. Éstas características se llaman hidrotermales. Los recursos geotérmicos más activos se encuentran en los límites de las placas donde se concentran los volcanes y suceden con más frecuencia los terremotos.¹⁰⁶

¹⁰⁰ Con base en, *Idem*.

¹⁰¹ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, [s.p.].

¹⁰² Con base en, Secretaría de Energía, *op. cit.*, pp. 7-8.

¹⁰³ Con base en, *Idem*.

¹⁰⁴ Con base en, *Idem*.

¹⁰⁵ Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, p.73.

¹⁰⁶ Con base en, *Idem*.

Con ésta cantidad de energía y de acuerdo a la estructura propia de la Tierra, el calor total que fluye lentamente del interior hacia la superficie es de 42 terawatts, del cual el 19% proviene de la corteza, el 76% del manto y el 5% del núcleo.¹⁰⁷

Las centrales solares térmicas utilizan los rayos del Sol para calentar fluidos a temperaturas muy altas. El líquido se hace circular a través de tuberías para que pueda transferir su calor de agua y así producir vapor. El vapor, a su vez, se convierte en energía mecánica en una turbina y en electricidad mediante un generador convencional acoplado a la turbina. Los tres principales usos de la energía geotérmica son:¹⁰⁸

1. Sistemas de calefacción y uso de agua caliente de los manantiales cerca de la superficie.
2. Electricidad. Las centrales eléctricas geotérmicas se construyen generalmente en yacimientos geotérmicos. Las plantas generadoras de energía requieren de agua o vapor a muy altas temperaturas (300 ° a 700 ° F).
3. Bombas de calor geotérmicas.

El gradiente geotérmico expresa el aumento de la temperatura con la profundidad desde la corteza terrestre. A profundidades accesibles, mediante la perforación, es decir, más de 10,000 m, el gradiente geotérmico promedio es de 2.5 a 3 °C/100 m. Por ejemplo, si la temperatura dentro de los primeros metros bajo el nivel del suelo, lo que corresponde en promedio a la temperatura media anual del aire exterior, es de 15°C, entonces se podrá suponer razonablemente, que la temperatura será de unos 65 - 75 °C a 2,000 m de profundidad, 90 °C - 105 °C a 3,000 m, y así sucesivamente para los otros miles de metros.^{109 110}

También, si el acuífero se encuentra en una zona con un gradiente térmico de 12 °C/100 m y a una profundidad de 1,500 m, deberá contener agua a una temperatura de 180 °C¹¹¹ y si el agua circula por un acuífero que se encuentra situado entre fisuras y grietas, el agua puede alcanzar la superficie produciéndose un manantial.¹¹²

Si el acuífero alcanza una temperatura muy alta se le consideraría una manifestación hidrotermal, la cual es diferente a los afloramientos de agua comunes, en vista de que se les asocia a los procesos

¹⁰⁷ Con base en, Edgar Rolando Santoyo, *op. cit.*, p. 56.

¹⁰⁸ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, [s.p.].

¹⁰⁹ Éste resultado se obtiene al dividir 2,000 / 100 = 20 y multiplicado por 2.5 = 50 más 15 °C, de la temperatura ambiente, es igual a 65 °C.

¹¹⁰ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, [s.p.].

¹¹¹ Este resultado se obtiene al multiplicar 15x12= 180.

¹¹² Con base en, Secretaría de Energía, *op. cit.*, pp. 7, 8.

volcánicos y además a la temperatura mencionada; así como a los gases carbónicos y sulfurosos. Éstas manifestaciones reciben la siguiente clasificación: ¹¹³

1. Fumarolas

Son las emisiones de gases y vapores a temperaturas muy elevadas, en ocasiones alcanzan temperaturas de 500 °C. Éstas emisiones contienen carbonato, sulfuro y clorhídrico.

2. Solfataras

Éstas manifestaciones, poseen una mayor riqueza de vapor de agua y alcanzan temperaturas menores a los 200 °C y también se realizan expulsiones intermitentes de hidrógeno sulfurado, gas carbónico y otros gases.

3. Géiseres

Éstos reservorios, arrojan constantes emisiones de una mezcla de agua, vapor y sales minerales disueltas, alcanzando temperaturas entre 70 °C y 100 °C.

La explotación de un yacimiento geotérmico, requiere de un cierto número de pozos de producción, que llegando hasta el acuífero, permitan que el agua caliente y el vapor suban a la superficie. Es importante destacar que la explotación del reservorio, debe efectuarse siguiendo éste principio: no se deberá extraer agua ni vapor, en mayores cantidades, que el agua que alimenta al acuífero. ¹¹⁴

Hallar una zona propicia para ser explotada, requiere previamente de un proceso exploratorio, que consiste en estudios geológicos y geofísicos los cuales derivan en encontrar una zona superficial ideal dentro de los 10 y 100 km². ¹¹⁵

De hecho, uno de los requisitos fundamentales para la ubicación de una central geotérmica, en los yacimientos geotérmicos, es que en el sitio existan elevadas temperaturas, y a profundidades asequibles, además, la zona debe estar constituida por formaciones geológicas porosas o por fisuras. Si no fuera así, la baja conductividad térmica de los compuestos que forman las capas impedirían la transferencia de calor. ¹¹⁶ Así mismo, los tipos de yacimientos geotérmicos son: ¹¹⁷

¹¹³ Con base en, *Idem*.

¹¹⁴ Con base en, *Idem*.

¹¹⁵ Con base en, Secretaría de Energía, *op. cit.*, pp. 7, 8.

¹¹⁶ Con base en, *Ibid*, p. 10.

¹¹⁷ Con base en, Edgar Rolando Santoyo, *op. cit.*, p. 84, Agencia Internacional de Energía, *op. cit.*, [s.p.].

1. Yacimientos de altas temperaturas

Están conformados por la conservación interna de calor, en el cual existe un centro de calor activo, es decir, una zona de materiales que almacene el calor a alta temperatura y que estos mismos, detengan el calor, en otras palabras, que no dejen escapar el calor hacia la superficie. Por lo general, suele existir un escape de calor en forma de géiser, fumarola o cualquier otro conducto natural.

Estos yacimientos suelen alcanzar temperaturas que oscilan entre 350 °C y 150 °C a una profundidad entre 1,500 y 2,500 metros. Además, dan lugar a las centrales termoeléctricas, cuyo funcionamiento está basado en la extracción del calor de la zona de almacenamiento mediante una tubería que llevará el aire caliente extraído del interior de la Tierra al área de turbinas, mediante un generador, donde la energía geotérmica se transformará en energía eléctrica.

2. Yacimientos de baja temperatura

Son yacimientos basados en la transmisión de calor hacia la superficie, en el que sólo es necesaria la existencia de una capa de materiales que almacenen el calor en su difusión hacia la superficie, de ésta manera, el aprovechamiento energético es directo. La zona de almacenamiento de calor oscila entre 1,500 y 2,500 metros y la temperatura entre 60 °C y 90 °C. El calor se extrae directamente para ser utilizado en forma de agua caliente y calefacción en los centros de consumo.

3. Yacimientos de roca caliente

Se basan en la transmisión de calor entre materiales sin fluido térmico. Éste tipo de yacimientos no son muy rentables, en vista de que la técnica que se necesita es muy costosa. Las aplicaciones que tiene en la actualidad la energía geotérmica son, principalmente, las de los yacimientos de baja temperatura, en las que se da la producción de calor en forma de agua caliente, calefacción de viviendas, procesos industriales, usos agrícolas, etc. Por otro lado, los yacimientos de altas temperaturas producen electricidad, aunque su rendimiento es muy bajo.

Como ya se ha dicho, el calor aumenta según se desciende hacia el centro de la Tierra y cuando se han cavado numerosos pozos petroleros se llega a 100 °C a unos 4 km de profundidad. En estos pozos, no es necesario instalar extensos colectores para aprovechar ese calor generado por la

actividad geológica de la Tierra. Puede absorberse mediante colectores naturales, como por ejemplo, géiseres o simples depósitos de aguas termales.¹¹⁸

Por otro lado, hay sin embargo, grandes áreas en las que el gradiente geotérmico está lejos del valor medio. En las zonas en las que la rocas del basamento han sufrido un rápido hundimiento y la cuenca está llena de sedimentos geológicamente muy jóvenes, el gradiente geotérmico puede ser inferior a 1 °C/100 m. Por otro lado, en algunas áreas geotermales el gradiente es más de diez veces el valor medio.¹¹⁹

4.5.1 Capacidad instalada de energía geotérmica

Como se puede apreciar en la tabla 4.6, se muestra la capacidad instalada de energía geotérmica por países de diferentes zonas geográficas de 2001 a 2011. Se destaca el país de Estados Unidos con 3,112 Mega-Watts (MW), con una participación del total de 28.3% y con una tasa de crecimiento en el año 2011 respecto al año 2010, de 0.3%. Su evolución del 2001 al 2011 fue de alrededor de 1,000 (MW).¹²⁰

El siguiente país, con mayor capacidad instalada de ésta energía es Filipinas, con una aportación al total mundial de 17.9% y con 1,967 (MW) de capacidad instalada, así como, una tasa de crecimiento de 0.1%, en el mismo periodo de referencia, antes citado, y respecto a su desarrollo, de 2001 a 2011, su progreso fue de poco más de 30 (MW).¹²¹

Otro de los países que supera los mil megawatts es Indonesia, que con 1,189 (MW) se ubica en tercer lugar mundial en éste rubro. Su aportación al total mundial al final de 2011 fue de 10.8%, no obstante, su tasa de crecimiento se mantiene en cero desde el año 2009.¹²²

El siguiente país con mayor capacidad instalada en energía geotérmica es México con 887 (MW) y con un aporte del 8% al total mundial. Su tasa de crecimiento se mantuvo negativa en -8.1% respecto a los años 2010 a 2011. Su evolución ha sido poco significativa de 2001 a 2011 con un crecimiento en más de 40 (MW), en éste lapso de tiempo..¹²³

Posteriormente aparece una lista de países con entre 500 (MW) y poco más de 800 (MW) en los que destacan Italia (863 MW), Nueva Zelanda (769 MW), Islandia (665 MW) y Japón (502

¹¹⁸ Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, p.73.

¹¹⁹ Con base en, Edgar Rolando Santoyo, *op. cit.*, pp. 64, 65.

¹²⁰ Con base en, British Petroleum, *Geothermal Cumulative installed geothermal power capacity*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

¹²¹ Con base en, *Idem*.

¹²² Con base en, *Idem*.

¹²³ Con base en, *Idem*.

MW), con aportaciones al total mundial de 7.8%, 7.0%, 6.0%, y 0.0%, respectivamente. Las evoluciones en su capacidad instalada que muestran estos países a de 2001 a 2011 es de la siguiente manera: Italia alrededor de 80 (MW), Nueva Zelanda más de 300 (MW), Islandia con casi 500 (MW) y Japón con un ligero descenso en 30 (MW).¹²⁴

Enseguida, se encuentran otros países con poco más de 200 (MW) como Costa Rica y el Salvador ambos con 208 y 204 (MW) respectivamente. Así mismo, su participación al total mundial de ambos fue de 1.9%. Sin embargo la tasa de cambio de 2011 respecto a 2010 de Costa Rica fue de 25.3% , mientras que la de Salvador fue de 0.0%.¹²⁵

La siguiente lista es de países, cuya producción oscila entre los 29 y 170 MW, como por ejemplo, Kenia (170 MW), Turquía (114 MW), Nicaragua (88 MW), Rusia (82 MW). Estos países presentan aportaciones al total mundial de 1.5%, 1.0%, 0.8%, 0.7%, respectivamente. Sus tasas de crecimiento también, correspondientemente, fueron de 1.5%, 21.2%, 0.0%, 0.0%. De éste grupo, el país que tuvo mayor crecimiento de 2001 a 2011 fue Kenia con 100 (MW), seguido por Turquía con 94 (MW), Rusia 42 (MW) y Nicaragua con 15 (MW).¹²⁶

Finalmente aparecen países con muy poca capacidad instalada como Francia, Alemania, Papúa Nueva Guinea, por ejemplo.¹²⁷

Cabe señalar que en México, actualmente la iniciativa privada participa en la generación de energía renovable, eólica y solar, pero casi es nula su participación en el desarrollo de tecnología geotérmica debido a la alta especialización en éste tipo de tecnología y debido al alto costo que se necesita para instalar las plantas.¹²⁸

¹²⁴ Con base en, British Petroleum, *Geothermal Cumulative installed geothermal power capacity*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

¹²⁵ Con base en, *Idem*.

¹²⁶ Con base en, *Idem*.

¹²⁷ Con base en, *Idem*.

¹²⁸ Con base en, Esther Arzate, Capital privado y energía geotérmica, México, Forbes, 2017, < <https://www.forbes.com.mx/capital-privado-y-energia-geotermica/#gs.pCI2DH4>>, (17 de marzo de 2017), [s.p.].

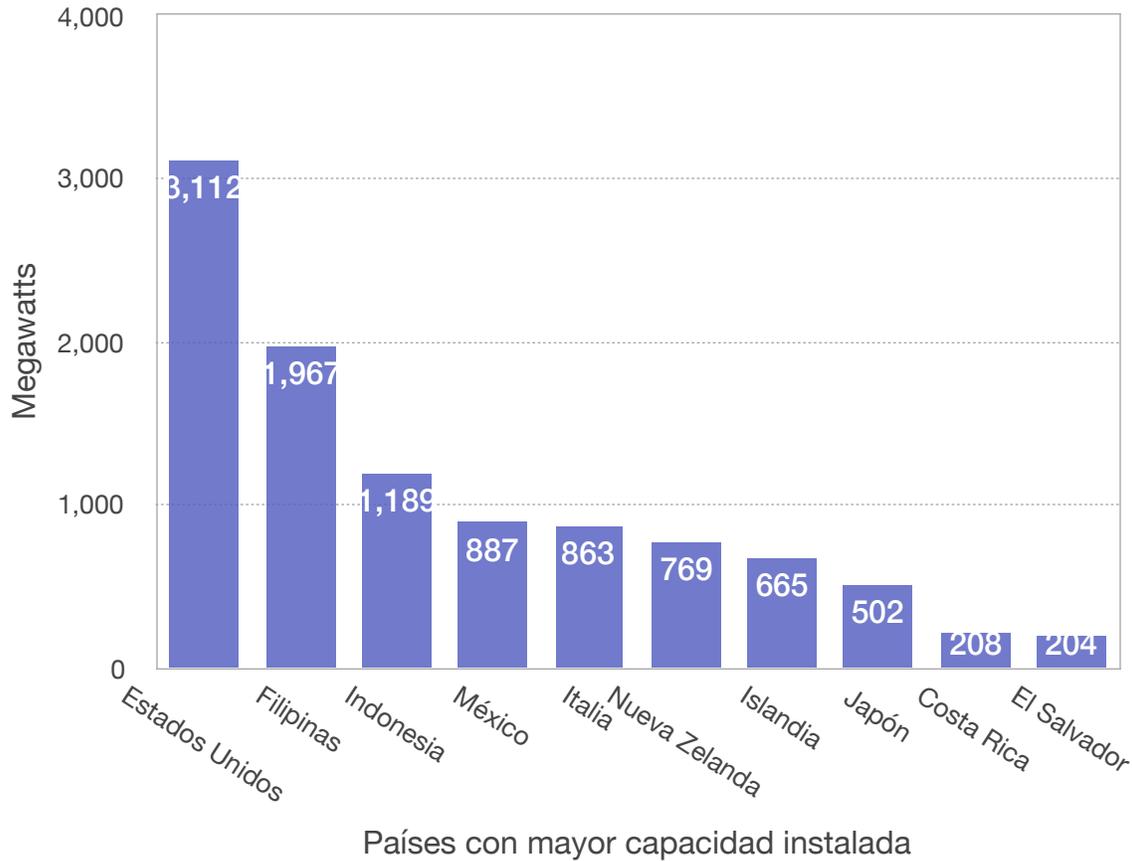
*Tabla 4.6 Energía Geotérmica
 Capacidad Instalada 2011 (en Megawatts)*

País	Evolución 2001 a 2011											Cambio	2011
												2011 sobre	participación
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2010	del total
Austria	0.4	0.9	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	0.0%	0.0%
Australia	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.1	1.1	1.1	0.0%	0.0%
China	28	28	28	28	28	28	28	24	24	24	24	0.0%	0.2%
Costa Rica	149	156	163	163	163	163	163	163	166	166	208	25.3%	1.9%
El Salvador	161	161	161	151	151	195	195	204	204	204	204	0.0%	1.9%
Etiopía	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0.0%	0.1%
Francia	4	4	4	15	15	15	15	16	16	16	16	0.0%	0.1%
Alemania	0	0	0	0	0	0	3	3	8	8	8	0.0%	0.1%
Guatemala	30	31	33	33	33	33	52	52	52	52	52	0.0%	0.5%
Islandia	182	192	202	202	202	312	485	576	576	575	665	15.7%	6.0%
Indonesia	662	735	807	807	856	921	992	1060	1189	1189	1189	0.0%	10.8%
Italia	787	789	791	791	791	811	811	811	843	863	863	0.0%	7.8%
Japón	535	535	535	535	534	534	532	532	500	502	502	0.0%	4.6%
Kenia	70	96	121	127	129	129	131	167	167	167	170	1.5%	1.5%
México	838	843	960	960	960	960	960	965	965	965	887	-8.1%	8.0%
Nueva Zelanda	436	436	436	436	436	489	506	629	629	769	769	0.0%	7.0%
Nicaragua	73	75	78	78	78	78	88	88	88	88	88	0.0%	0.8%
Papúa Nueva Guinea	2	4	6	6	6	36	56	56	56	56	56	0.0%	0.5%
Filipinas	1931	1931	1931	1931	1978	1978	1958	1958	1953	1966	1967	0.1%	17.9%
Portugal (De Azores)	16	16	16	16	16	16	29	29	29	29	29	0.0%	0.3%
Rusia (Kamchatka)	40	56	73	79	79	79	82	82	82	82	82	0.0%	0.7%
Tailandia	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0%	0.0%
Turquía	20	20	20	20	20	28	28	35	82	94	114	21.2%	1.0%
Estados Unidos	2159	2089	2020	2534	2653	2687	2850	2911	3087	3102	3112	0.3%	28.3%
Total Mundial	8131	8206	8392	8919	9134	9499	9970	10368	10724	10926	11014	0.8%	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Geothermal Cumulative installed geothermal power capacity*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la gráfica 4.3 se observa a los países con mayor capacidad instalada registrada a nivel mundial en el año 2011, en el consumo de Energía Geotérmica. Como se puede observar, México se ubica en la cuarta posición, detrás de Estados Unidos, Filipinas e Indonesia. Sin embargo, México tuvo un decremento con respecto al año 2010 de -8.1%, lo cual indica un estancamiento o retroceso a pesar del enorme potencial con que cuenta nuestro país.

■ GRÁFICA 4.3 ENERGÍA GEOTÉRMICA, POR PAÍSES (CAPACIDAD INSTALADA EN 2011, EN MEGAWATTS)



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Geothermal, Cumulative Installed Geothermal Power Capacity, Estatiscal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 de enero de 2013), [s.p.].

4.5.2 Consumo de energía geotérmica, biomasa y otras

En cuanto al consumo de energía geotérmica, Biomasa y otras, se han agrupado en una misma tabla (4.7), para fines prácticos, en vista del menor consumo en comparación con otras fuentes de energía. Para la zona geográfica de América del Norte, Estados Unidos es el mayor consumidor de éstas fuentes de energía con un 21.0% de participación respecto del total mundial. Éste país, tuvo un ligero incremento al final del año 2011 de un 3.0% con respecto al año 2010. Canadá y México registran cantidades de 3.9% en conjunto. Estos países, no han tenido incrementos importantes desde 2001 al 2011, e inclusive registran cifras negativas, en lo que al crecimiento se refiere, al final de 2011, en un -0.8% con respecto al año 2010. El total registrado por esta región al final de 2011 fue de 24.9%.¹²⁹

En la región de Sur y Centro América, Brasil es el país líder en el consumo de éstas fuentes de energía, participando con un 8.2% del total mundial y su crecimiento desde 2001 al 2011 fue de más del 100%, sin embargo de 2010 a 2011 no registró un incremento, sólo mantuvo el mismo consumo. El resto de los países de ésta región, registran datos de 4.2% de participación en el consumo mundial al final de 2011 y con una ligera tasa de crecimiento de 2010 a 2011 de 1.9%.¹³⁰

En lo que respecta a la región de Europa y Eurasia, el país que destaca es Alemania, registrando un 10.0% en el consumo, y sus incrementos cada año revelan una importante tendencia a la alza, por ejemplo, de 2010 a 2011 la tasa de crecimiento fue de 9.0%. También, países como: Italia, Reino Unido, Suecia y Finlandia presentan importantes registros en el consumo de 4.1%, 3.6%, 3.3% y 3.0% respectivamente. En suma, ésta zona consume el 39.7% ubicándose como la primera región con mayor cantidad de energía geotérmica consumida y de biomasa.¹³¹

En lo que al Oriente Medio se refiere las cifras registradas al final de 2011 son muy poco significativas, situándose en menos de 0.05%. La zona de África presenta cifras de 0.9%, y sus tasas de crecimiento son muy bajas y se encuentran un tanto estancadas, (en promedio menores a 0.03% al año). La tercera de las zonas con cifras importantes, es Asia Pacífico, que con una participación de 22.0% se ubica en la tercera posición, y los países que destacan son: Japón, India y Filipinas con el 6.5%, 3.8% y 2.7%, respectivamente. Cabe señalar que China no aparece con registros significativos en el consumo de estos tipos de energía. De ésta región la mayor tasa de crecimiento se registró en la India, que de 2010 a 2011, creció a un ritmo de 18.5%.¹³²

¹²⁹ Con base en, British Petroleum, *Geothermal, Biomass and Other TWh Consumption*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

¹³⁰ Con base en, *Idem*.

¹³¹ Con base en, *Idem*.

¹³² Con base en, *Idem*.

Tabla 4.7 Consumo de Energía Geotérmica, Biomasa y Otras (2001-2011)

CONSUMO DE ENERGÍA GEOTÉRMICA, BIOMASA Y OTRAS 2001-2011													
(EN TERA WATTS HORAS)													
Regiones	Evolución 2001 a 2011											Cambio	2011
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 sobre 2010	Participación del Total
Estados Unidos	66.8	71.8	71.3	71.9	72.6	73.1	73.9	73.6	73.2	75.1	77.3	3.0%	21.0%
Otros de Norte América	14.7	15.0	16.0	16.1	17.3	16.1	16.7	15.0	14.3	14.5	14.4	-0.8%	3.9%
Total de Norte América	81.5	86.7	87.4	88.1	89.9	89.2	90.6	88.6	87.5	89.6	91.7	2.4%	24.9%
Brasil	12.3	13.7	15.5	16.3	18.3	18.7	21.7	23.3	24.4	30.2	30.2	♦	8.2%
Otros de Sur y Centro América	7.9	8.1	8.3	9.2	8.9	9.1	11.4	13.1	14.7	15.3	15.6	1.9%	4.2%
Total de Sur y Centro América	20.2	21.8	23.7	25.5	27.2	27.8	33.1	36.5	39.2	45.5	45.8	0.6%	12.4%
Finlandia	8.2	8.9	9.3	10.3	9.5	10.7	9.9	10.4	8.7	10.9	10.9	♦	3.0%
Alemania	5.2	6.0	8.2	10.1	14.0	18.7	24.3	27.5	30.4	33.9	36.9	9.0%	10.0%
Italia	7.1	8.1	9.8	11.1	11.5	12.3	12.5	13.0	13.0	14.8	15.1	1.9%	4.1%
Suecia	3.9	4.3	5.0	7.9	8.3	9.2	10.6	11.2	11.2	12.0	12.0	♦	3.3%
Reino Unido	4.5	5.1	6.2	7.4	9.1	9.3	9.2	9.3	10.6	11.9	13.3	11.4%	3.6%
Otros de Europa y Eurasia	18.5	20.7	22.2	25.6	30.9	34.5	37.6	41.9	47.7	53.8	57.8	7.4%	15.7%
Total de Europa y Eurasia	47.4	53.2	60.7	72.4	83.3	94.7	104.1	113.3	121.5	137.3	146.0	6.3%	39.7%
Total de Oriente Medio	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	♦	♦
Total de África	1.7	1.8	2.0	2.4	2.4	2.5	2.4	2.6	3.0	3.2	3.2	♦	0.9%
India	2.1	2.1	2.7	3.3	4.0	5.0	6.2	7.7	9.7	11.8	14.0	18.5%	3.8%
Japón	18.7	20.0	21.4	21.6	25.3	25.4	26.0	25.1	24.3	24.5	23.8	-2.5%	6.5%
Filipinas	10.4	10.2	9.4	10.3	9.9	10.5	10.2	10.7	10.3	10.0	10.1	1.0%	2.7%
Otros de Asia Pacífico	16.9	18.7	19.3	20.4	21.7	22.0	24.2	27.2	30.1	32.1	33.2	3.4%	9.0%
Total de Asia Pacífico	48.1	51.1	52.8	55.6	61.0	62.9	66.6	70.8	74.5	78.3	81.0	3.5%	22.0%
Total Mundial	198.9	214.6	226.6	244.0	263.7	277.0	296.9	311.8	325.7	353.9	367.7	3.9%	100.0%
De los cuáles: OCDE	154.0	166.3	174.7	188.1	204.6	215.3	228.4	236.4	245.2	264.2	274.9	4.0%	74.8%
No-OCDE	44.9	48.2	51.9	55.8	59.1	61.7	68.5	75.3	80.4	89.6	92.8	3.5%	25.2%
Unión Europea #	44.2	50.0	57.3	68.8	79.5	89.6	97.9	106.5	114.0	129.3	137.6	6.4%	37.4%
Anterior Unión Soviética	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	♦	0.3%

* Basado en la generación bruta y no se debe tomar en cuenta para el suministro transfronterizo de electricidad.

^ Menos 0.05

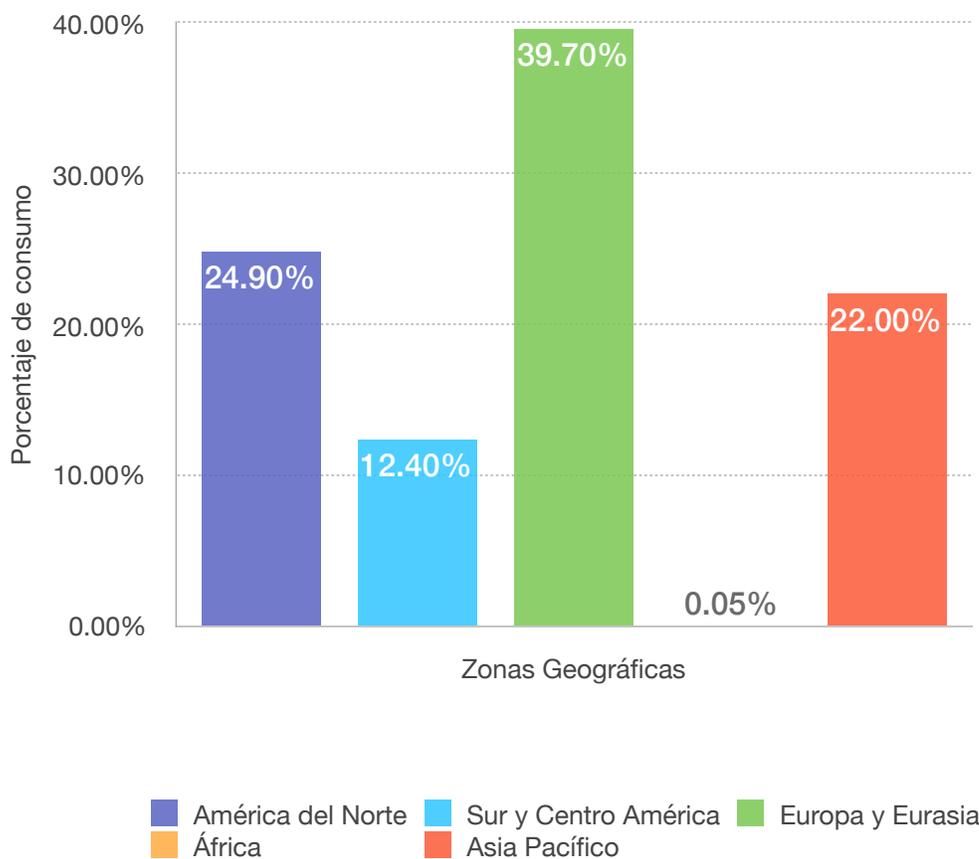
♦ Menos 0.05%.

Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 y Eslovenia antes de 1991.

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Geothermal, Biomass and Other TWh Consumption*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la Gráfica 4.4 se observa que el mayor consumo registrado de 2001 a 2011 se encuentra en la región de Europa y Eurasia con un porcentaje participación, en este rubro, de 39.70%, siendo Alemania el país que más destaca con un 10% de consumo. Sin embargo el país con mayor consumo registrado a nivel mundial es Estados Unidos con una aportación de 21%.

GRÁFICA 4.4 CONSUMO DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BIOMASA Y OTRAS, POR ZONAS GEOGRÁFICAS, 2001-2011



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Geothermal, Biomass and Other TWh, Consumption*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 de enero de 2013), [s.p.]

4.6 La Energía Hidráulica

De acuerdo a las necesidades de la sociedad, el ser humano ha aprovechado la energía del agua de los ríos para cubrir sus necesidades más básicas y para tal propósito, desde tiempos inmemoriales, construyó norias que en un principio sirvieron para recoger el agua. Más adelante, las pendientes de los ríos fueron aprovechados para obtener electricidad.¹³³

El agua de los ríos, conlleva en sí misma, energía cinética debido a su caudal y su camino hacia el mar y logra transformarse en energía potencial cuando en su camino encuentra una pendiente o desnivel. A éste conjunto de energías, cinemática y potencial, se le conoce como energía Hidráulica y cuando es aprovechada para producir electricidad, se le conoce como energía Hidroeléctrica.¹³⁴

En resumen, la energía se genera debido al flujo intenso del agua, como el de un río, un arroyo, canal, u otro tipo de corriente que pueda suministrar la cantidad y la presión de agua necesarias para producir la energía.¹³⁵

Para la generación de electricidad se sigue el siguiente proceso: mediante una tubería, en la que se capta el agua, se hace girar las hojas de una turbina que se mueven siempre a la misma velocidad, en vista de que el agua que cae siempre es la misma. A la turbina se le coloca un cilindro electro-imantado que se mueve al mismo tiempo que la turbina, a la parte que se mueve se le conoce como rotor. Alrededor del cilindro imantado se le colocan unos contactos metálicos y como el imán se encuentra en movimiento, le transfiere una corriente eléctrica a esos contactos, de los cuales existen conexiones eléctricas para poder almacenar toda la corriente de cada colector eléctrico. A ésta última parte se le conoce como estator. A éstas dos partes, rotor y estator, se reconoce como alternador. La fuerza de la corriente se acumula y se produce una presión en embalases creados por las presas y luego liberado para generar electricidad.¹³⁶

De ésta manera, la energía hidráulica se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores.¹³⁷

¹³³ Con base en, José Antonio Domínguez, *op. cit.*, pp. 50, 51.

¹³⁴ Con base en, *Idem*.

¹³⁵ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Solar Explained*, (AIE), EUA, [s.a.], <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=hydropower_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

¹³⁶ Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, pp. 47, 48, y José Antonio Domínguez, *op. cit.* pp. 56, 57.

¹³⁷ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Solar Explained*, (AIE), EUA, [s.a.], <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=hydropower_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas, así como equipamiento para generar electricidad.¹³⁸

Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos. Sin embargo, si resulta conveniente al tomar en cuenta las consideraciones medioambientales y el bajo mantenimiento que ellas precisan.¹³⁹

Para aprovechar adecuadamente la energía hidráulica, se deben de tomar en cuenta dos factores: 1) el caudal y 2) la altura del salto, ya que de ésta manera, se logra un óptimo aprovechamiento del agua de los ríos. De acuerdo a lo anterior, se construyen presas que regulan el caudal en función de la época del año, y desde luego también, la presa sirve para aumentar el salto.¹⁴⁰

El agua del canal o de la presa penetra en la tubería donde se efectúa el salto. Su energía potencial se convierte en energía cinética llegando a las salas de máquinas, que albergan a las turbinas hidráulicas y a los generadores eléctricos. El agua al llegar a la turbina la hace girar sobre su eje, que arrastra en su movimiento al generador eléctrico.¹⁴¹

El aprovechamiento de la energía potencial del agua para producir energía eléctrica utilizable constituye la esencia de la energía hidroeléctrica. De acuerdo a las dimensiones de la potencia producida se pueden dividir en:¹⁴²

1. Grandes centrales hidroeléctricas.

Con grandes corrientes y capacidades de producción de varios miles y millones de watts.

- a) Centrales mini-hidroeléctricas.

Son de tamaño menor y potencias de generación menores a 5,000 kw.

- b) Centrales micro-hidroeléctricas.

Su potencia de generación no llega a los 1,000 kw.

2. De acuerdo a su localización se pueden dividir en:

- a) Centrales de aguas fluyentes

¹³⁸ Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, pp. 49, 50.

¹³⁹ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁰ Con base en, *Idem*.

¹⁴¹ Con base en, Agencia Internacional de Energía, *Solar Explained*, (AIE), EUA, [s.a.], <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=hydropower_home>, (14 agosto 2011), [s.p.].

¹⁴² Con base en, Omar Guillén Solís, *op. cit.*, pp. 50, 51.

Son construcciones que captan gran parte del caudal del río y lo conducen hacia la central para su aprovechamiento y después lo regresan al cauce del río.

b) Centrales localizadas junto a una presa

En éstas, se aprovecha la energía proveniente de una presa que está situada al borde de un río y que regula los caudales de salida a medida que se necesitan.

c) Centrales de canal de riego o abastecimiento

A su vez se subdividen en:

o Centrales con desnivel existente en el canal

Son construcciones en las que se aprovecha, mediante una tubería, el agua que conduce a una central, y después la regresa al curso normal del canal.

o Centrales con desnivel existente entre el canal y el curso de un río cercano

Aquí la central se construye cerca de un río y se aprovecha los excedentes del canal.

Uno de los mayores beneficios de esta fuente de energía es que no contamina, en la medida que lo hace el petróleo o el carbón, por ejemplo, en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero, además de que es un recurso inagotable, en tanto el ciclo del agua perdure.

4.6.1 Consumo de energía hidroeléctrica

El consumo de energía hidroeléctrica en términos generales, en la zona de Norte América, creció de manera significativa gracias a la participación de Canadá, quien lo hace con un 10.8% respecto al total mundial. Estados Unidos con un incremento del 24.9% en el año 2011, respecto a 2010, aporta el 9.4% también, con respecto al total mundial. En el caso de México, la cifra incluso fue negativa (-2.6%) con respecto al año inmediato anterior de 2010 y participa con el 1.0% del total de consumo mundial, no obstante, de 2001 al 2011 la evolución registrada de este país, fue del 20.7%. En suma ésta región aporta al total un 21.2%.¹⁴³

En la región Sur y Centro América se encuentra situado el segundo consumidor, a nivel mundial, Brasil, quien con cifras de 429.6 twh (terawatts horas) participa con el 12.3% superando a países como Canadá y Estados Unidos, así mismo, desde el año 2001 al

¹⁴³ Con base en, British Petroleum, *Hydroelectricity Consumption*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

2011 la evolución, en el uso de energía hidroeléctrica, se ha mantenido en crecimiento constante. Venezuela, Colombia y Argentina con cifras de 2.4, 1.4 y 1.1 por ciento son otros de los países con registros importantes. En suma la región aporta el 21.3%.¹⁴⁴

La región de Europa y Eurasia aporta el 22.6% y países como la Federación Rusa, Noruega, Italia y Francia tienen cifras importantes registradas en el año 2011, (4.7%, 3.5%, 1.3% y 1.3% respectivamente). Sin embargo la mayoría de los países, en éste sector, presentan tasas de crecimiento negativas, de 2010 al 2011.¹⁴⁵

La región de Oriente Medio tiene una mínima participación respecto al total mundial con apenas el 0.6%. Al igual que ésta región, la región de África tiene cifras muy inferiores de 3.0% respecto al total mundial.¹⁴⁶

El mayor consumidor de energía hidroeléctrica, en la región de Asia Pacífico y a nivel mundial es China, quien aporta al total mundial cifras de 19.8%, aunque sufrió un decremento de -3.9% con respecto al año 2010, sigue siendo el líder mundial en éste rubro. Otros de los países que sobresalen en ésta zona son: India y Japón, aunque, si bien es cierto, tienen cifras muy inferiores con respecto a China y al total global (3.8% y 2.4% respectivamente), han presentado un crecimiento favorable de 2001 al 2011. Países como Corea del Sur y Tailandia registran todavía cifras poco significativas, sin embargo, tienen incrementos importantes de consumo respecto al año 2010 con 40.9% y 45.5% respectivamente.¹⁴⁷

El incremento a nivel mundial de energía hidroeléctrica para el año 2011 fue del 1.6%, con respecto al año 2010. Éste porcentaje representa un consumo de 3,497.9 twh. La región que más aporta al volumen total de consumo, es Asia Pacífico con 31.3% seguido de Europa con 22.6%. La evolución más significativa se ha venido desarrollando en la región de América del Norte con tasas de crecimiento superiores a las del resto de los países en el mundo.¹⁴⁸

Cabe señalar que en México, existen 64 centrales hidroeléctricas de las cuales 20 son de gran importancia, pero no se ha notado un incremento significativo en el desarrollo de nuevas centrales en los últimos años.¹⁴⁹

¹⁴⁴ Con base en British Petroleum, *Hydroelectricity Consumption*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

¹⁴⁵ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁶ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁷ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁸ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁹ Con base en, Hidroenergía, *Plantas Hidroeléctricas*, CFE, México, 2009, http://hidroenergia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=119:icuantas-plantas-hidroelectricas-tiene-mexico-en-operacion&catid=28:isabias-que&Itemid=59>, (15 de agosto de 2016), [s.p.].

Tabla 4.8 Consumo de Energía Hidroeléctrica (2001-2011)

CONSUMO DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA (2001-2011)													
(EN TERAWATTS HORAS)													
Regiones	Evolución 2001-2011											Cambio	2011
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 sobre	participación
												2010	del total
Estados Unidos	219.2	267.0	278.6	271.1	273.1	292.2	250.0	257.4	276.2	262.8	328.4	24.9%	9.4%
Canadá	331.6	349.4	336.3	338.5	362.8	354.6	369.5	376.4	366.5	350.9	376.5	7.3%	10.8%
México	28.4	24.9	19.8	25.1	27.6	30.3	27.0	38.9	26.4	36.7	35.8	-2.6%	1.0%
Total América del Norte	579.2	641.2	634.6	634.7	663.5	677.1	646.5	672.7	669.2	650.5	740.7	13.9%	21.2%
Argentina	41.9	41.5	39.1	35.5	39.6	43.4	37.7	37.3	40.7	40.6	39.7	-2.2%	1.1%
Brasil	267.9	286.1	305.6	320.8	337.5	348.8	374.0	369.6	391.0	403.3	429.6	6.5%	12.3%
Chile	21.7	23.2	22.8	21.8	26.4	29.1	22.8	24.0	24.9	21.7	20.8	-4.1%	0.6%
Colombia	31.5	33.7	36.0	39.9	39.6	42.8	44.5	46.2	40.9	40.2	48.2	19.7%	1.4%
Ecuador	7.1	7.5	7.2	7.4	6.9	7.1	9.0	11.3	9.2	8.6	9.6	11.6%	0.3%
Perú	17.6	18.0	18.6	17.5	18.0	19.6	19.5	19.0	19.8	20.0	21.6	7.8%	0.6%
Trinidad y Tobago	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venezuela	60.5	59.5	60.5	70.1	77.2	81.6	83.2	86.8	86.0	76.8	83.7	9.0%	2.4%
Otros de Sur y Centro América	74.6	78.7	80.2	78.6	81.1	81.7	85.4	85.5	84.5	89.8	90.3	0.5%	2.6%
Total de Sur y Centro América	522.8	548.4	570.0	591.5	626.2	654.1	676.0	679.7	697.1	701.1	743.5	6.0%	21.3%
Austria	41.8	39.9	36.0	34.1	33.9	31.8	33.8	36.6	39.5	33.9	30.3	-10.8%	0.9%
Azerbaiján	1.3	2.0	2.5	2.8	3.0	2.5	2.4	2.2	2.3	3.4	2.7	-22.4%	0.1%
Bielorrusia	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	-15.5%	♦
Bélgica y Luxemburgo	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	-36.1%	♦
Bulgaria	1.1	2.1	2.9	3.1	4.3	4.0	2.8	2.9	3.6	5.6	2.8	-49.3%	0.1%
República Checa	2.5	2.8	1.8	2.6	3.0	3.3	2.5	2.4	3.0	3.4	2.8	-18.0%	0.1%
Dinamarca	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	^	-19.7%	♦
Finlandia	13.6	10.7	9.4	14.9	13.7	11.5	14.1	17.1	12.7	12.9	12.4	-3.4%	0.4%
Francia	75.3	61.4	59.7	59.9	52.1	56.2	58.4	60.4	57.7	62.8	45.5	-27.5%	1.3%
Alemania	23.3	23.7	18.9	20.7	20.2	19.4	20.5	20.0	18.6	21.0	19.5	-7.1%	0.6%
Grecia	2.7	3.5	5.3	5.2	5.6	6.5	3.4	4.1	5.7	7.5	4.3	-42.9%	0.1%
Hungría	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	21.8%	♦
República de Irlanda	0.6	0.9	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	1.0	0.9	0.6	0.7	17.3%	♦
Italia	46.8	39.5	36.7	42.3	36.1	37.0	32.8	41.6	49.1	50.6	44.5	-12.1%	1.3%

India	72.0	68.5	69.3	83.8	97.4	112.4	122.4	115.0	106.2	110.7	131.6	18.9%	3.8%
Indonesia	11.7	9.9	9.1	9.7	10.8	9.6	11.3	11.5	11.4	17.7	15.4	-12.8%	0.4%
Japón	82.2	83.6	93.4	93.0	79.0	90.1	77.5	77.5	72.5	90.9	84.8	-6.7%	2.4%
Malasia	6.4	5.3	5.7	5.8	5.2	7.1	6.7	8.7	7.2	7.0	7.4	6.3%	0.2%
Nueva Zelanda	21.7	24.9	23.6	26.9	23.3	23.6	23.6	22.3	24.2	24.7	25.1	1.5%	0.7%
Pakistán	18.3	20.4	25.6	24.2	30.7	30.2	31.6	27.0	28.2	29.5	30.6	3.9%	0.9%
Filipinas	7.1	7.0	7.9	8.5	8.4	9.9	8.6	9.8	9.8	7.8	9.4	21.0%	0.3%
Singapur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corea del Sur	2.3	3.2	4.9	4.3	3.6	3.5	3.6	3.1	2.8	3.7	5.2	40.9%	0.1%
Taiwán	4.9	2.7	2.9	3.1	3.8	3.9	4.2	4.1	3.6	4.0	3.8	-4.6%	0.1%
Tailandia	6.3	7.5	7.3	6.0	5.8	8.1	8.1	7.1	7.1	5.5	8.2	47.5%	0.2%
Vietnam	18.4	18.2	19.0	19.0	16.5	19.7	22.4	26.0	29.9	27.6	29.8	7.9%	0.9%
Otros de Asia Pacífico	24.4	24.4	26.7	26.9	28.9	32.7	35.4	37.4	35.6	38.0	38.9	2.3%	1.1%
Total de Asia Pacífico	569.8	580.6	596.5	681.9	727.3	803.8	856.6	948.2	968.0	1103.4	1096.5	-0.6%	31.3%
Total Mundial	2595.2	2645.5	2644.7	2809.9	2926.8	3037.1	3095.2	3216.1	3259.4	3442.4	3497.9	1.6%	100.0%
De los cuales OCDE	1275.0	1296.3	1271.9	1293.4	1304.5	1323.3	1290.3	1334.2	1323.7	1359.3	1392.6	2.5%	39.8%
No OCDE	1320.3	1349.2	1372.8	1516.4	1622.3	1713.8	1804.9	1881.9	1935.7	2083.1	2105.2	1.1%	60.2%
Unión Europea	378.8	320.0	312.5	324.2	307.3	307.6	309.5	324.5	330.6	367.1	307.7	-16.2%	8.8%
Anterior Unión Soviética	239.7	229.9	226.9	249.0	247.1	245.9	249.6	238.9	246.4	247.2	241.1	-2.4%	6.9%

* Basado en la generación de energía hidroeléctrica primaria bruta (no se debe tomar en cuenta para el suministro transfronterizo de electricidad)

^ Menos de 0.05.

◆ Menos de 0.05%.

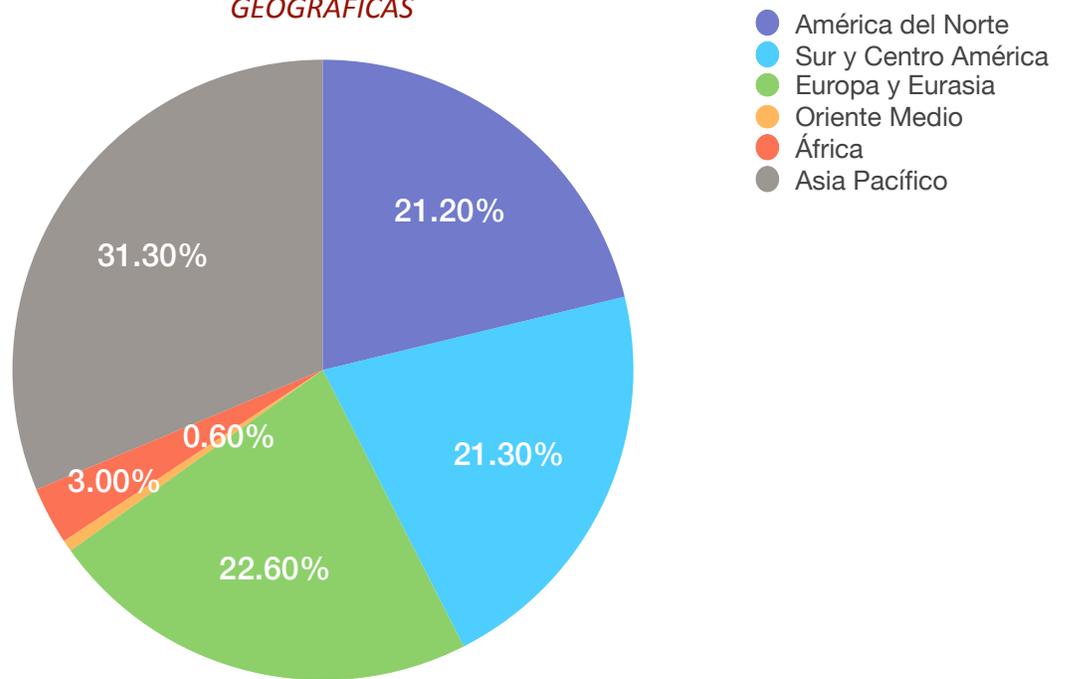
Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 y Eslovenia antes de 1991.

Nota: Los Cambios anuales y la participación del total está basado en datos expresados en toneladas de petróleo equivalente.

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Hydroelectricity Consumption*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

La evolución del consumo de energía hidroeléctrica se mantuvo similar, al final de 2011, en tres zonas geográficas, América del Norte, Sur y Centro América y Europa y Eurasia (21.20%, 21.30 y 22.60 respectivamente) como se observa en la gráfica 4.5, sin embargo, el mayor consumo registrado fue en la zona Asia Pacífico con 31.30%.

**GRÁFICA 4.5 CONSUMO DE ENERGÍA
HIDROELÉCTRICA AL FINAL DE 2011, POR ZONAS
GEOGRÁFICAS**



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Hydroelectricity, Consumption*,
Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012,
<<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 de enero de 2013), [s.p.].

4.7 La Energía Eólica ¹⁵⁰

Es generada por el viento y aprovechada mediante generadores para producir energía eléctrica. Debido a la diferente composición del suelo, en la superficie de la Tierra, se absorbe calor de una manera no uniforme y esto genera corrientes en varios periodos de tiempo en el día. Así, el viento es la fuente de energía eólica.

Sólo el 2% de la energía solar que llega a la Tierra, se transforma en energía eólica. A pesar de ello, los cálculos indican que el potencial energético, es de unas veinte veces el actual consumo mundial de energía, lo que hace de la energía eólica una de las fuentes de energía renovables con mayor perspectiva de utilización.

El sistema de energía eólica funciona con aeromotores que transforman la energía del viento en energía mecánica para la producción de electricidad.

A través de turbinas eólicas, las cuales deben convertir la energía cinética del viento en electricidad por medio de generadores, los cuales tienen aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado, mediante una serie de engranajes (la transmisión), al generador eléctrico.

Para utilizar la energía eólica, es necesario conocer las variaciones del viento a lo largo del día, así como su velocidad y valores máximos a lo largo de un periodo de varios años.

Para que la energía eólica se establezca en una localización concreta, mediante parques eólicos, el lugar de instalación debe cumplir una serie de requisitos, como es la evaluación del terreno en el cual deberá instalarse los aerogeneradores y la medición previa, del viento a diferentes alturas, en tal medición se incluye la dirección y velocidad.

De ésta forma, se sabrá cómo debe ser la colocación de los aerogeneradores para obtener la mayor energía eólica posible. Además, ésta medición servirá para corroborar la adecuada ubicación para instalar un parque eólico.

La energía eólica es un tipo de energía limpia ya que no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes. No requiere de una combustión que produzca dióxido de carbono (CO₂), por lo que no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al cambio climático. Puede instalarse en zonas desérticas, en zonas próximas a la costa, en laderas áridas y muy empinadas para ser cultivables.

¹⁵⁰ Éste apartado ha sido desarrollado con base en las siguientes fuentes de información, José Antonio Domínguez, *op. cit.*, pp. 207-210. Amilcar Vercelli, *¿Qué es la Energía Eólica?*, México, Energías como bienes comunes, 2012, <<http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>>, [s.p.], (07 julio 2013), y Economía de la Energía, *Energía Eólica, Energía Solar, y otros tipos de energía*, México, Ecología y reciclaje, [s.a.], <<http://www.economiadelaenergia.com/energia-eolica/>>, (07 julio 2013), [s.p.].

Las máquinas eólicas más desarrolladas en la actualidad, desde el punto de vista técnico y comercial, son las máquinas de eje horizontal.

Una vez que se consigue la transformación de la energía cinética del viento en energía utilizable, el siguiente paso es cómo conservarla, para tal efecto, se están invirtiendo muchas horas de investigación para poder aprovechar posteriormente la energía generada en vista de que el viento no es constante durante mucho tiempo.

Los factores que influyen en la potencia del viento son los siguientes:

1. Área por donde pasa el viento
2. Densidad del aire
3. Velocidad del viento

La energía contenida en el viento debe ser transformada, según sea la necesidad, en energía eléctrica, mecánica o térmica. Las posibilidades de uso de la energía eléctrica son infinitas.

La energía mecánica obtenida del viento puede ser utilizada para el bombeo de agua o molienda de distintos productos. Además, la energía térmica se consigue a partir de la energía eólica y puede ser usada para generar frío o calor, por ejemplo, para procesos industriales.

Uno de los requisitos fundamentales que se deben de tomar en cuenta para colocar máquinas de viento, son los siguientes:

1. Respetar la avifauna del entorno, estableciendo si es preciso un paso para aves migratorias entre grupos de aerogeneradores.
2. Lejanía de más de un kilómetro con núcleos urbanos para evitar la contaminación acústica de los parques eólicos.
3. La energía eólica debe estar instalada en suelo no urbanizable, generalmente.
4. No interferencia con señales electromagnéticas del entorno, ya que señales de televisión, radio o telefonía se pueden ver perjudicadas si no se instalan otros dispositivos que lo eviten.

4.7.1 Consumo de energía eólica

El consumo de energía eólica registrada en la región de América del Norte a finales del año 2011 fue de 133.3 TW/h (Terawatts/hora), 30.5% del total mundial, ubicándose como la segunda región en el mundo con mayor índice de consumo en éste rubro. Sobresale, en ésta zona, el país de Estados Unidos como principal consumidor de energía eólica con cifras de 121.0 TW/h (27.7% del total mundial) para el año de 2011. Canadá registra cifras mucho muy inferiores a las de Estados Unidos 12.0 TW/h, (2.7% del total mundial) igualmente para éste mismo año, y México registra, cifras de apenas 0.4 TW/h (0.1%).¹⁵¹

En la región de Sur y Centro América las cifras al final del año 2011 fueron de 4.4 TW/h (1% del total mundial), aunque ha habido aumentos constantes desde el año 2001. Para el año de 2011 en comparación con 2010, el porcentaje de aumento fue de 22.7%.¹⁵²

Alemania, en la región de Europa y Eurasia, registra cantidades equivalentes en comparación con el resto de los países de ésta región con 46.5 TW/h, (10.6% del total mundial) para el final de 2011. El segundo país en importancia en el consumo de energía eólica es España, con cifras de 42.4 TW/h (9.7% del total mundial) en ese mismo año. Otro de los países con cifras significativas en éste rubro es el Reino Unido participando con respecto al total mundial con 15.8 TW/h (3.6%) ubicándose en el tercer sitio. Francia, Dinamarca e Italia tienen cantidades de 11.6, 9.9 y 9.6 TW/h (2.7%, 2.3% y 2.2% respectivamente).¹⁵³

Todo este bloque geográfico, ha venido evolucionando en el consumo, de manera constante y con crecimientos significativos. En suma, el cambio en el crecimiento de 2011 con respecto a 2010, en ésta zona, fue de 19.4% y el total de consumo registrado al final de 2011, fue de 182.0 TW/h (41.6% del total mundial) lo que sitúa a éste bloque en la primera posición en el consumo de esta fuente de energía.¹⁵⁴

En el Oriente Medio, las cantidades son muy poco representativas apenas 0.3 TW/h (0.1% del total mundial), cifras incluso un poco inferiores a las del total de México, ubicándose en el último sitio a nivel mundial con respecto al consumo de energía eólica. Aunque, ha venido en aumento desde el año 2005 pasando de 0.1 TW/h a 0.3 TW/h.¹⁵⁵

¹⁵¹ Con base en, British Petroleum, *Renewables Renewables: Consumption - Wind- TWh*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

¹⁵² Con base en, *Idem*.

¹⁵³ Con base en, *Idem*.

¹⁵⁴ Con base en, *Idem*.

¹⁵⁵ Con base en, *Idem*.

En la región de África sucede lo mismo que en la región anterior. Las cifras al final de 2011, muestran muy poca participación 2.3 TW/h (0.5%), con respecto al total mundial. Un poco más del 50% de todo el consumo registrado en la Región de Sur y Centro América. La evolución que tiene esta región desde el año 2001 a 2011 ha sido en constante aumento pero con cifras todavía muy poco significativas, en comparación con otras zonas geográficas.¹⁵⁶

En Asia Pacífico, los países que muestran cifras relevantes son China con 73.2 TW/h (16.7%) e India con 26.4 TW/h (6.0%), y el resto de los países en esta región aportan cifras de 15.5 TW/h, al total mundial, (3.6%). El segundo mayor país que consume energía eólica es China, sólo después de Estados Unidos, y el porcentaje de mayor de crecimiento a nivel mundial y con cifras relevantes (alrededor de un 75% de incremento en su consumo de 2010 a 2011, pasando de 49.4 a 73.2 Twh). El resto de los países de la región de Asia Pacífico presenta tasas de crecimiento similares a las de India.¹⁵⁷

¹⁵⁶ Con base en, British Petroleum, *Renewables Renewables: Consumption - Wind- TWh*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

¹⁵⁷ Con base en, *Idem*.

Tabla 4.9 Consumo de Energía Eólica (2001-2011)

CONSUMO DE ENERGÍA EÓLICA 2001 - 2011													
(EN TERAWATTS HORAS)													
REGIONES	Evolución 2001 a 2011											Cambio	2011
												2011 sobre	participación
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2010	del total
Estados Unidos	6.8	10.5	11.3	14.3	18.0	26.9	34.8	55.9	74.6	95.6	121.0	26.5%	27.7%
Canadá	0.3	0.4	0.7	0.9	1.6	2.4	3.0	3.8	6.6	9.5	12.0	26.9%	2.7%
México	^	^	^	^	^	^	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	115.2%	0.1%
Total de Norte América	7.1	10.9	12.0	15.2	19.5	29.4	38.1	60.0	81.5	105.2	133.3	26.7%	30.5%
Total de Sur y Centro América	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	1.1	1.7	2.3	3.6	4.4	22.7%	1.0%
Dinamarca	4.3	4.9	5.6	6.6	6.7	6.2	7.2	7.0	6.8	7.9	9.9	25.2%	2.3%
Francia	0.1	0.3	0.4	0.6	1.0	2.2	4.1	5.7	7.6	9.4	11.6	23.5%	2.7%
Alemania	10.5	15.8	18.7	25.5	27.2	30.7	39.7	40.6	37.8	37.8	46.5	23.0%	10.6%
Italia	1.2	1.4	1.5	1.8	2.3	3.0	4.0	4.9	6.5	9.1	9.6	5.7%	2.2%
España	7.0	10.0	12.5	16.2	21.3	23.3	27.8	32.5	37.9	44.2	42.4	-4.1%	9.7%
Reino Unido	1.0	1.3	1.3	1.9	2.9	4.2	5.3	7.1	9.3	10.2	15.8	54.5%	3.6%
Otros de Europa y Eurasia	3.1	3.5	5.0	7.1	9.8	13.7	17.9	23.2	28.3	33.9	46.2	36.4%	10.6%
Total de Europa y Eurasia	27.2	37.1	45.0	59.8	71.2	83.2	106.0	121.0	134.3	152.5	182.0	19.4%	41.6%
Total de Oriente Medio	^	^	^	^	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	♦	0.1%
Total de África	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.6	2.3	2.3	0.8%	0.5%
China	0.7	0.8	1.0	1.3	1.9	3.7	5.5	13.1	27.6	49.4	73.2	48.2%	16.7%
India	2.1	2.1	2.6	5.2	6.0	9.5	11.4	13.3	18.2	21.7	26.4	21.3%	6.0%
Otros de Asia Pacífico	0.7	1.1	1.7	2.7	4.1	5.5	7.4	8.6	10.8	12.8	15.5	21.6%	3.6%
Total de Asia Pacífico	3.5	4.1	5.3	9.2	12.0	18.8	24.3	35.0	56.6	83.9	115.1	37.2%	26.3%
Total Mundial	38.5	53.0	63.4	85.5	104.3	133.1	170.6	219.1	276.5	347.8	437.4	25.8%	100.0%
De los cuáles: OECD	35.0	49.1	58.6	77.6	94.6	117.5	150.6	188.4	225.2	268.2	326.4	21.7%	74.6%
No-OECD	3.4	3.9	4.8	7.9	9.7	15.5	20.0	30.7	51.3	79.6	111.0	39.4%	25.4%
Unión Europea	27.1	37.0	44.6	59.4	70.6	82.3	104.6	119.1	131.7	148.4	175.6	18.3%	40.1%
Anterior Unión Soviética	^	^	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	1.0	64.7%	0.2%

* Basado en la generación bruta y no se debe tomar en cuenta para el suministro transfronterizo de electricidad.

^ Menos 0.05.

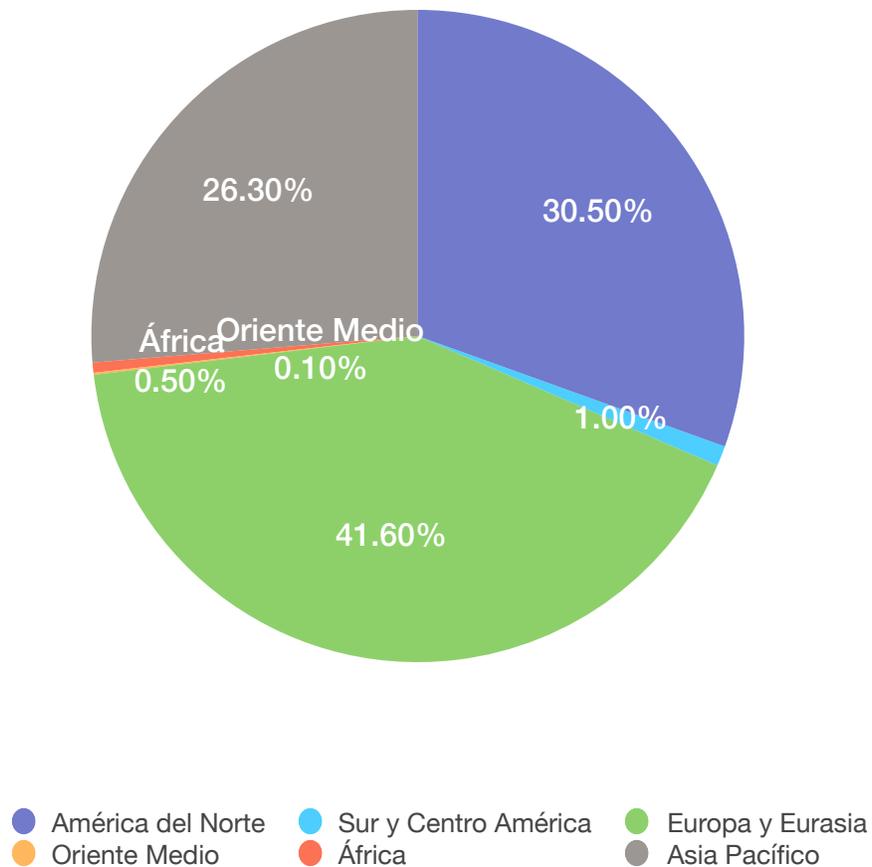
♦ Menos 0.05%.

Excluye Estonia, Letonia y Lituania antes de 1985 y Eslovenia antes de 1991.

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum *Renewables Renewables: Consumption - Wind- TWh*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En la gráfica 4.6 se aprecia el consumo de Energía Eólica al final de 2011, por zonas geográficas, destacándose la región de Europa y Eurasia, sin embargo, los mayores consumidores en el mundo son Estados Unidos en la región de América del Norte y China en la región de Asia Pacífico con cifras de 121 y 73.2 TW/h, respectivamente.

GRÁFICA 4.6 CONSUMO DE ENERGÍA EÓLICA AL FINAL DE 2011 POR ZONAS GEOGRÁFICAS



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Consumption-Wind Twh*,
 Statistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012,
<http://www.bp.com/statisticalreview>,
 (07 de enero de 2013), [s.p.].

4.7.2 Capacidad instalada acumulada de turbinas de energía eólica

En cuanto a la capacidad instalada acumulada de turbinas de energía eólica, se puede apreciar en la siguiente tabla 4.10, por zona geográfica, la evolución y el comportamiento, así como la contribución al total mundial de cada país y de cada región, en lo que respecta a la generación de ésta fuente de energía.¹⁵⁸

En la región de América del Norte, la capacidad instalada de turbinas, al final de 2011, se compuso de la siguiente manera: Estados Unidos tuvo un incremento de 2010 a 2011 de 16.9% y una participación con respecto al total mundial de 19.7%. Canadá registró un incremento, en éste mismo periodo de tiempo, de 31.6%, sin embargo, todavía su contribución al total mundial es muy baja, tan sólo 2.2%. En lo que respecta a México, todavía es más baja que la de Canadá, tan sólo participa con el 0.5% en la suma total mundial de capacidad instalada acumulada de energía eólica. Sin embargo, éste país, tuvo un incremento en el periodo de tiempo citado, de 46.0%. La contribución final de ésta región con respecto al total mundial, es de 22.3%, al final del año 2011.¹⁵⁹

En la zona de América del Sur y Centro América, su contribución respecto a la capacidad instalada mundial, fue de 1.1% al final de 2011. El país con mayor capacidad, en éste rubro, es Brasil con el 0.6%, seguido por Costa Rica con 0.1%. Ambos países tuvieron un crecimiento de 2010 a 2011 de 53.8% y 100.9%, respectivamente. El resto de los países en esta zona, participa con el 0.4% al total mundial.¹⁶⁰

La zona geográfica con mayor capacidad instalada acumulada, de ésta fuente de energía es Europa y Eurasia, con el 40.4% y sobresalen en ésta región, países como Alemania, España, Italia y Reino Unido, con aportaciones al total mundial de 12.1%, 9.1%, 2.8% y 2.7%, respectivamente. El resto de la participación de esta zona, lo conforman países, que en su mayoría, registran sumas que no llegan al 0.1%.¹⁶¹

En la región de Oriente Medio, prácticamente es nula su capacidad instalada en lo que se refiere a la generación de energía eólica.¹⁶²

¹⁵⁸ Con base en, British Petroleum, Renewables Cumulative installed wind *Renewables Renewables: Consumption - Wind- TWh, turbine capacity- MWh*, Estatical Review of World Energy, United Kingdom, June, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, [s.p.].

¹⁵⁹ Con base en, *Idem*.

¹⁶⁰ Con base en, *Idem*.

¹⁶¹ Con base en, *Idem*.

¹⁶² Con base en, *Idem*.

La participación de en la zona de África al final de 2011 fue de 0.5%, de estos, sólo tienen relevancia Egipto, Marruecos y Túnez, los tres con 0.2%, 0.1% y 0.1%, respectivamente. El resto de países, en de ésta zona, participan con el 0.1%. ¹⁶³

La última región, Asia Pacífico, es la segunda zona en el mundo que contribuye con la mayor participación al volumen total de capacidad instalada de energía eólica. Los países que tienen una mayor aportación son: China, India y Japón, estos tres con cifras de 26.1%, 6.7% y 1.1%, respectivamente. Cabe señalar que los incrementos mostrados, por estos países, de 2010 a 2011 fueron de 39.4%, 23.1% y 6.8%, respectivamente. El resto de países en éste bloque, presentan cifras muy inferiores a 0.1%. ¹⁶⁴

¹⁶³ Con base en, British Petroleum, Renewables Cumulative installed wind *Renewables Renewables: Consumption - Wind- MWh, turbine capacity-*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June, 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, [s.p.].

¹⁶⁴ Con base en, *Idem*.

Tabla 4.10 Energía Eólica (Capacidad instalada)

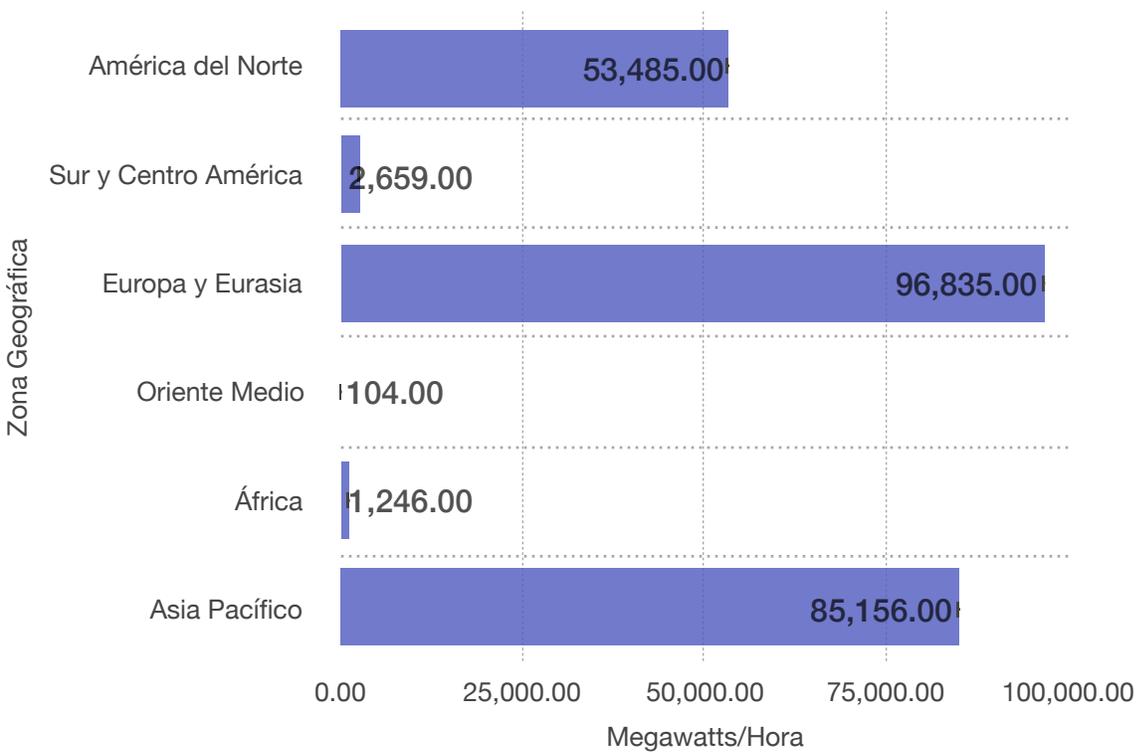
ENERGÍA EÓLICA													
CAPACIDAD INSTALADA DE TURBINAS (Megawatts)													
Regiones	Evolución 2001 a 2011											Cambio	2011
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 sobre 2010	participación del total
Total de Norte América	4462	4947	6715	7197	9867	13180	18810	27940	38933	45054	53485	18.7%	22.3%
Estados Unidos	4245	4674	6361	6750	9181	11635	16879	25237	35159	40274	47084	16.9%	19.7%
Canadá	214	270	351	444	683	1459	1845	2371	3321	4011	5278	31.6%	2.2%
México	3	3	3	3	3	86	86	332	453	769	1123	46.0%	0.5%
Argentina	27	28	30	30	31	31	31	33	33	33	112	239.4%	0.0%
Brasil	22	22	29	29	29	237	247	341	606	927	1425	53.8%	0.6%
Costa Rica	71	79	79	79	79	79	79	104	129	179	192	7.3%	0.1%
Otros de Sur y Centro América	9	9	50	54	54	56	79	153	321	463	930	100.9%	0.4%
Total de Sur y Centro América	131	140	190	194	195	397	581	977	1089	1602	2659	66.0%	1.1%
Austria	94	139	415	607	820	966	983	997	997	1013	1086	7.2%	0.5%
Bélgica	34	45	78	106	177	222	297	385	605	955	1147	20.1%	0.5%
Bulgaria	-	-	-	-	0	0	18	66	131	470	582	23.8%	0.2%
Dinamarca	2456	2880	3076	3083	3087	3101	3088	3159	3408	3805	3926	3.2%	1.6%
Finlandia	40	44	53	83	85	89	113	113	117	169	178	5.3%	0.1%
Francia	115	183	274	386	775	1585	2471	3671	4775	5961	6836	14.7%	2.9%
Alemania	8750	11989	14604	16623	18390	20579	22194	23826	25703	27191	29075	6.9%	12.1%
Grecia	276	292	408	480	603	749	850	996	1155	1320	1627	23.2%	0.7%
Hungría	1	1	3	3	17	60	65	162	229	323	357	10.5%	0.1%
Irlanda	129	167	230	339	498	748	807	1015	1187	1449	1688	16.5%	0.7%
Italia	700	806	922	1261	1713	2118	2721	3731	4845	5793	6743	16.4%	2.8%
Holanda	523	727	938	1081	1221	1557	1745	2222	2226	2241	2309	3.0%	1.0%
Noruega	17	97	101	158	275	328	355	385	390	411	496	20.7%	0.2%
Polonia	24	54	55	55	65	170	313	472	849	1231	1667	35.4%	0.7%
Portugal	153	204	311	585	1087	1716	2150	2829	3474	3837	4214	9.8%	1.8%
Rumania	-	-	-	-	0	3	15	76	129	470	990	110.6%	0.4%
España	3522	5033	6185	8462	10013	11595	15155	16699	19160	20676	21726	5.1%	9.1%
Suecia	318	372	428	478	554	571	789	1024	1537	2141	2904	35.6%	1.2%
Turquía	19	19	20	20	20	50	147	458	801	1320	1729	30.9%	0.7%

Reino Unido	525	570	759	889	1336	1955	2477	3406	4424	5378	6470	20.3%	2.7%
Otros de Europa y Eurasia	43	73	92	116	160	246	324	338	565	885	1085	22.7%	0.5%
Total de Europa y Eurasia	17739	23695	28952	34815	40896	48408	57077	66030	76707	87039	96835	11.3%	40.4%
Irán	9	12	12	15	21	48	74	84	92	90	91	1.1%	0.0%
Otros de Medio Oriente	9	9	9	9	9	9	9	9	9	11	13	18.2%	0.0%
Total de Medio Oriente	18	33	72	101	101	101	101	101	101	101	104	3.0%	0.0%
Egipto	69	69	123	146	180	231	310	384	552	552	552	0.0%	0.2%
Marruecos	54	54	54	54	64	122	124	206	254	263	292	11.0%	0.1%
Túnez	11	19	28	28	28	28	28	62	160	247	277	12.1%	0.1%
Otros de África	3	6	6	6	6	5	7	44	49	51	125	145.1%	0.1%
Total de África	137	148	211	234	278	386	469	696	1015	1113	1246	11.9%	0.5%
Australia	71	190	240	421	717	796	972	1587	1886	2120	2476	16.8%	1.0%
China	406	473	571	769	1264	2588	5875	12121	25853	44781	62412	39.4%	26.1%
India	1456	1702	2125	3000	4430	6270	7845	9655	10926	13065	16078	23.1%	6.7%
Japón	357	486	761	991	1159	1457	1681	2033	2208	2429	2595	6.8%	1.1%
Nueva Zelanda	35	35	56	167	167	170	321	325	467	495	603	21.8%	0.3%
Corea del Sur	10	14	21	69	89	194	235	311	311	342	370	8.2%	0.2%
Taiwán	8	9	9	12	72	118	224	369	411	454	499	9.9%	0.2%
Otros de Asia Pacífico	6	7	7	9	34	40	40	45	74	94	123	30.9%	0.1%
Total de Asia Pacífico	2349	2916	3790	5438	7932	11633	17193	26446	42136	63780	85156	33.5%	35.6%
Total Mundial	24836	31879	39930	47979	59269	74104	94231	122190	159981	198689	239485	20.5%	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base en, *British Petroleum Renewables Cumulative installed wind turbine capacity- MWh*, Estatistical Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

La capacidad instalada de turbinas de energía eólica al final de 2011, en Megawatts - hora, como se ilustra en la gráfica 4.7, la región que reviste mayor importancia en este rubro es Europa y Eurasia, con 96, 835 Megawatts/hora, seguido por Asia Pacífico con 85, 156 Megawatts/hora y la tercera zona geográfica en importancia es América del Norte con 53, 485 Megawatts/hora.

GRÁFICA 4. 7 CAPACIDAD INSTALADA DE TURBINAS DE ENERGÍA EÓLICA, POR ZONAS GEOGRÁFICAS (2001-2011, En Megawatts/Hora)



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Renewables Cumulative Installed Wind Turbine Capacity MW/h*, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 de enero de 2013), [s.p.].

4.7.3 Generación de Electricidad

La siguiente tabla (4.11), nos muestra la capacidad de generación de energía eléctrica de cada país por zona geográfica como resultado de la instalación de turbinas de generación de energía eólica. Como se puede observar, en la región de América del Norte, Estados Unidos tiene una producción de 4,308 terawatts hora (TW/h), lo cual ubica a ésta nación como la segunda a nivel mundial en éste rubro. Sin embargo, de 2010 a 2011 manifiesta un ligero decremento en el consumo, su tasa incluso es negativa situándose en -0.5%. Canadá tiene cifras de 607.6 (TW/h) al final de 2011 y con un incremento en la generación de 4.4% con respecto al año inmediato anterior. En lo que respecta a México, su tasa de crecimiento de 2010 a 2011 fue de 6.7% con una producción de electricidad de 289 (TW/h). En suma, la generación de electricidad en ésta zona fue de 5,204.5 (TW/h) al final de 2011.¹⁶⁵

En la zona de Sur y Centro América, el país con mayor generación de electricidad es Brasil con 501.3 (TW/h), seguido por Argentina y Venezuela, ambos con 135.1 y 123.1 (TW/h) al final de 2011, respectivamente. Las cifras totales de éste sector fueron de 1,145.6 (TW/h) y con un crecimiento de 3.9% con respecto a 2010. En la región de Europa y Eurasia, sobresale la Federación Rusa, con cifras de 1,051.6 (TW/H) al final de 2011.¹⁶⁶

En la zona de Oriente Medio, el país con mayor producción es Arabia Saudita con 254.6 (TW/h) y con una tasa de crecimiento de 5.9% de 2010 a 2011. El siguiente país es Irán con una generación de electricidad de 230.6 (TW/h) y con 2% de crecimiento con respecto al mismo periodo de referencia. Sudáfrica aparece como el mayor generador de electricidad, en la zona de África, con 262.5 (TW/h) y con un crecimiento de 1.1% respecto a 2010. Después de éste país, sólo aparecen Egipto y Argelia con cifras de 146 y 49.3 (TW/h), respectivamente. En suma, ésta región aporta al total mundial cifras de 657.1 (TW/h).¹⁶⁷

La última región, pero la más importante en cuanto a la producción de electricidad es Asia Pacífico, con un total de 8,820.1 (TW/h) y con una tasa de crecimiento, de 2010 a 2011 de 7.2%. En ésta región el país con mayores cifras es China, con 4,700.1 (TW/h) y con un crecimiento de 11.7%.¹⁶⁸

¹⁶⁵ Con base en, British Petroleum, Renewables Electricity generation - *TWh*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June, 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, [s.p.].

¹⁶⁶ Con base en, *Idem*.

¹⁶⁷ Con base en, British Petroleum, Renewables Electricity generation - *TWh*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June, 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, [s.p.].

¹⁶⁸ Con base en, *Idem*.

Tabla 4.11 Generación de Electricidad (En Terawatts horas)

REGIONES	GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD												
	(EN TERAWATTS HORAS)												
	Evolución 2001 a 2011											Cambio	2011
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 sobre 2010	participación del total
Estados Unidos	3924.1	4050.3	4075.8	4168.1	4257.4	4266.3	4365.0	4325.4	4146.6	4331.1	4308.0	-0.5%	19.6%
Canadá	581.8	594.8	580.2	587.1	614.0	601.0	619.8	617.1	592.5	581.8	607.6	4.4%	2.8%
México	209.6	214.1	217.0	231.2	242.0	249.6	257.3	261.8	261.0	270.8	289.0	6.7%	1.3%
Total de Norte América	4715.6	4859.2	4873.1	4986.4	5113.4	5116.9	5242.1	5204.3	5000.1	5183.7	5204.5	0.4%	23.6%
Argentina	90.1	84.6	92.0	100.3	105.5	117.1	120.8	125.1	123.9	128.8	135.1	4.9%	0.6%
Brasil	328.5	345.7	364.3	387.5	402.9	419.3	444.6	463.1	456.6	484.8	501.3	3.4%	2.3%
Chile	42.5	43.7	48.8	52.9	54.5	57.6	60.1	60.9	61.0	61.6	65.2	5.9%	0.3%
Colombia	43.3	45.8	47.1	48.6	49.3	52.3	53.6	54.4	56.0	56.9	58.6	3.0%	0.3%
Ecuador	11.1	11.9	12.7	14.2	15.1	16.1	18.2	18.6	18.3	19.5	19.5	-0.1%	0.1%
Perú	20.8	22.0	22.9	24.3	25.5	27.4	29.9	32.4	32.7	35.9	38.9	8.5%	0.2%
Trinidad y Tobago	5.6	5.6	6.4	6.4	7.1	6.9	7.7	7.7	7.7	7.9	8.1	2.2%	♦
Venezuela	90.1	89.4	90.1	96.9	105.2	114.0	115.0	120.7	124.8	116.7	123.1	5.5%	0.6%
Otros de Sur y Centro América	154.8	162.9	170.5	170.5	173.7	179.9	187.4	186.9	186.2	190.5	195.7	2.8%	0.9%
Total de Sur y Centro América	786.9	811.6	854.8	901.4	938.8	990.6	1037.4	1069.8	1067.2	1102.5	1145.6	3.9%	5.2%
Austria	61.8	62.7	60.2	64.3	60.6	63.4	63.7	66.8	69.1	71.1	65.5	-7.9%	0.3%
Azerbaijón	19.0	18.7	21.3	21.7	22.9	24.5	21.8	21.6	18.9	18.7	20.3	8.5%	0.1%
Bielorrusia	25.0	26.5	26.6	31.2	31.0	31.8	31.8	35.1	30.4	34.9	32.0	-8.3%	0.1%
Bélgica	79.8	82.1	84.6	85.6	87.0	85.6	88.8	84.9	91.2	93.0	85.1	-8.5%	0.4%
Bulgaria	43.7	42.4	42.3	41.5	44.2	45.4	42.9	44.4	42.8	46.0	50.3	9.4%	0.2%
República Checa	74.6	76.3	83.2	84.3	82.6	84.4	88.2	83.5	82.3	85.9	87.6	1.9%	0.4%
Dinamarca	37.6	39.0	46.0	40.3	36.0	45.6	39.2	36.4	36.2	38.6	34.9	-9.4%	0.2%
Finlandia	74.3	74.9	84.3	85.8	70.3	82.3	81.2	77.4	72.1	80.7	73.5	-8.8%	0.3%
Francia	549.8	559.2	566.9	574.3	576.2	574.6	570.0	574.6	542.4	573.2	564.3	-1.5%	2.6%
Alemania	586.1	586.7	607.5	616.0	620.3	636.8	637.6	637.3	593.2	628.1	614.5	-2.2%	2.8%
Grecia	53.7	54.6	58.5	59.3	60.0	60.8	63.5	59.4	55.3	53.2	55.5	4.2%	0.3%
Hungría	36.4	36.2	34.1	33.7	35.8	35.9	40.0	40.0	35.9	37.4	36.2	-3.3%	0.2%
República de Irlanda	25.3	24.6	25.3	25.6	26.0	27.0	28.2	28.9	27.7	28.3	27.4	-3.2%	0.1%
Italia	279.0	284.4	293.9	303.3	303.7	314.1	313.9	319.1	292.6	290.7	289.2	-0.5%	1.3%

Kazajstán	55.6	58.7	63.9	66.9	67.9	71.7	76.6	80.3	78.7	82.6	85.8	3.8%	0.4%
Lituania	14.7	17.7	19.5	19.3	14.8	12.5	14.0	14.0	15.4	5.7	4.8	-17.0%	◆
Holanda	93.7	96.3	96.7	102.4	100.4	98.8	105.2	108.2	113.5	118.1	112.7	-4.6%	0.5%
Noruega	121.9	130.6	107.3	110.6	138.1	121.7	137.7	142.7	132.8	124.4	128.1	3.0%	0.6%
Polonia	145.7	144.1	151.6	154.2	156.9	161.7	159.3	155.3	151.7	157.7	163.0	3.4%	0.7%
Portugal	46.5	46.1	46.9	45.1	46.6	49.0	47.3	46.0	50.2	54.1	52.7	-2.5%	0.2%
Rumania	53.9	54.9	56.6	56.5	59.4	62.7	61.7	65.0	57.7	60.8	61.7	1.6%	0.3%
Federación Rusa	891.3	891.3	912.1	931.9	954.1	992.1	1018.7	1040.0	993.1	1035.7	1051.6	1.5%	4.8%
Eslovaquia	32.0	32.4	31.1	30.5	31.3	31.2	27.9	29.3	26.1	27.7	28.1	1.5%	0.1%
España	242.4	246.6	264.5	281.0	294.2	302.9	312.2	317.9	296.3	303.0	279.7	-7.7%	1.3%
Suecia	169.5	154.0	142.5	160.0	166.6	150.8	155.6	156.9	143.7	156.0	157.4	1.0%	0.7%
Suiza	71.9	66.7	67.0	65.5	62.3	66.8	70.9	72.0	71.5	71.2	67.6	-5.1%	0.3%
Turquía	122.7	129.4	140.6	150.7	162.0	176.3	191.6	198.4	194.8	211.2	228.4	8.1%	1.0%
Turkmenistán	11.2	11.2	10.8	11.4	12.8	13.7	14.9	15.0	15.9	17.4	19.5	12.0%	0.1%
Ucrania	171.4	173.7	179.5	182.2	185.0	192.1	195.1	191.7	172.9	187.9	193.9	3.2%	0.9%
Reino Unido	384.8	387.2	398.2	393.9	398.3	397.3	396.8	388.7	376.7	381.1	365.3	-4.2%	1.7%
Uzbekistán	46.6	49.3	48.7	49.6	47.7	49.3	49.0	50.1	50.0	51.7	52.4	1.3%	0.2%
Otros de Europa y Eurasia	152.1	153.2	162.0	171.4	172.5	172.2	173.9	178.0	180.9	196.9	189.4	-3.8%	0.9%
Total de Europa y Eurasia	4774.2	4811.8	4934.1	5050.3	5127.4	5235.0	5319.2	5359.0	5111.8	5323.2	5278.6	-0.8%	24.0%
Irán	128.2	138.2	145.7	156.4	169.7	184.3	196.0	206.3	215.1	226.1	230.6	2.0%	1.0%
Israel	43.8	45.4	47.0	48.5	49.8	51.8	55.1	56.1	54.8	57.9	59.1	2.0%	0.3%
Kuwait	34.8	36.9	39.8	41.3	43.7	47.6	48.8	51.7	53.2	54.6	59.1	8.2%	0.3%
Qatar	10.0	10.9	12.0	13.2	14.4	15.3	19.5	21.6	24.8	29.0	34.4	18.8%	0.2%
Arabia Saudita	133.7	141.7	153.0	159.9	176.1	181.4	190.5	204.2	217.1	240.3	254.5	5.9%	1.2%
Emiratos Árabes Unidos	43.2	46.6	49.5	52.4	60.7	66.8	84.2	87.7	94.3	104.1	109.2	4.9%	0.5%
Otros de Medio Oriente	94.8	101.0	99.0	107.8	111.4	118.3	125.8	136.6	151.9	159.4	165.3	3.7%	0.8%
Total de Medio Oriente	488.5	520.9	546.1	579.5	625.8	665.5	719.9	764.2	811.1	871.4	912.1	4.7%	4.1%
Argelia	26.3	27.4	29.2	30.9	33.6	35.0	37.0	40.0	42.8	45.6	49.3	8.0%	0.2%
Egipto	80.2	85.7	91.5	97.3	104.0	110.7	119.0	127.9	133.3	143.5	146.0	1.8%	0.7%
África del Sur	210.1	217.7	234.2	244.6	244.9	253.8	263.5	258.3	249.6	259.6	262.5	1.1%	1.2%
Otros de África	138.7	151.9	154.1	167.4	179.4	187.8	192.4	196.5	200.6	210.6	199.3	-5.4%	0.9%
Total de África	455.2	482.7	509.1	540.2	561.9	587.3	611.8	622.6	626.3	659.3	657.1	-0.3%	3.0%
Australia	221.6	227.2	228.3	237.4	249.0	249.1	250.9	257.7	259.5	255.9	264.1	3.2%	1.2%
Bangladesh	17.1	18.6	19.7	24.7	26.5	29.9	31.3	35.0	37.9	40.3	42.7	6.1%	0.2%
China	1480.8	1654.0	1910.6	2203.3	2500.3	2865.7	3281.6	3466.9	3714.7	4207.7	4700.1	11.7%	21.3%
China Hong Kong	32.4	34.3	35.5	37.1	38.4	38.6	38.9	38.0	38.7	38.3	39.0	1.9%	0.2%

India	574.6	592.2	624.1	657.7	689.6	738.7	797.9	824.5	869.8	922.2	1006.2	9.1%	4.6%
Indonesia	101.6	108.2	112.9	120.2	127.4	133.1	142.4	149.4	156.8	169.8	182.1	7.3%	0.8%
Japón	1039.7	1058.3	1082.6	1107.8	1153.1	1164.3	1180.1	1183.7	1114.0	1156.0	1104.2	-4.5%	5.0%
Malaysia	72.3	75.3	84.0	90.7	96.2	100.8	105.0	106.9	107.1	115.1	118.5	2.9%	0.5%
Nueva Zelanda	39.7	40.6	40.8	42.5	43.0	43.6	43.8	43.8	43.5	43.5	43.1	-0.7%	0.2%
Pakistán	75.1	81.6	84.5	88.7	87.1	96.2	98.8	92.5	95.0	88.8	89.1	0.4%	0.4%
Filipinas	47.0	48.5	52.9	56.0	56.6	56.8	59.6	60.8	61.9	67.7	69.1	1.9%	0.3%
Singapur	33.1	34.7	35.3	36.8	38.2	39.4	41.1	41.7	41.8	45.4	46.0	1.4%	0.2%
Corea del Sur	309.9	332.0	347.8	368.0	389.5	403.0	425.4	442.6	452.4	495.7	520.1	4.9%	2.4%
Taiwán	188.5	198.8	209.1	218.4	227.4	235.2	242.7	237.7	229.7	247.0	252.4	2.2%	1.1%
Tailandia	101.0	108.4	115.9	124.1	130.4	136.8	142.5	145.4	145.9	156.4	151.6	-3.1%	0.7%
Vietnam	30.6	35.8	40.9	47.1	53.4	60.5	68.7	76.0	87.0	100.2	110.7	10.5%	0.5%
Otros de Asia Pacífico	55.2	57.2	60.8	64.2	66.0	69.4	72.2	75.3	72.7	75.6	81.1	7.3%	0.4%
Total de Asia Pacífico	4420.3	4706.0	5085.8	5524.8	5971.9	6461.2	7022.9	7278.0	7528.5	8225.7	8820.1	7.2%	40.1%
Total Mundial	15640.7	16192.2	16802.9	17582.6	18339.4	19056.6	19953.3	20298.0	20145.0	21365.8	22018.1	3.1%	100.0%
De Los cuáles: OCDE	9735.1	9956.1	10095.5	10348.4	10605.5	10692.0	10919.5	10919.7	10486.4	10890.2	10827.0	-0.6%	49.2%
NO OCDE	5905.6	6236.1	6707.4	7234.1	7733.9	8364.6	9033.8	9378.3	9658.6	10475.6	11191.2	6.8%	50.8%
Unión Europea # Anterior Unión	3119.8	3139.4	3232.5	3297.8	3312.3	3363.9	3380.3	3377.1	3213.8	3338.4	3255.1	-2.5%	14.8%
Soviética	1289.6	1300.7	1340.7	1375.9	1398.1	1448.5	1486.8	1507.3	1431.6	1500.7	1529.9	1.9%	6.9%

* Basado en la producción bruta.

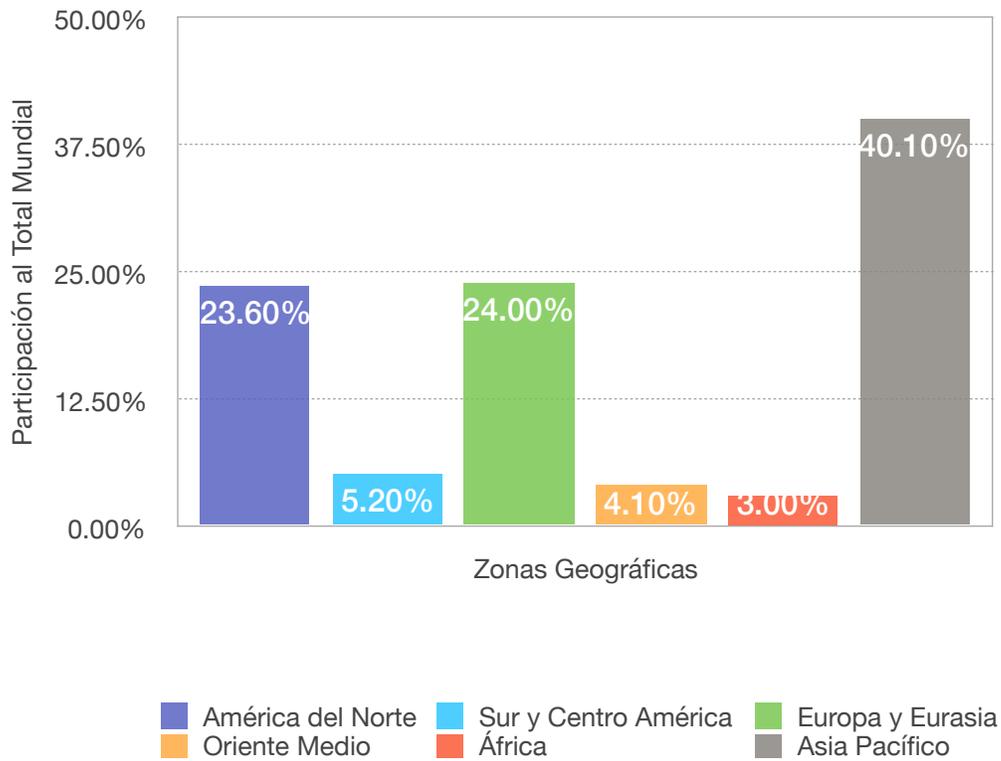
♦ Menos de 0.05%.

Excluye Eslovenia antes de 1991.

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum, *Renewables Electricity generation*
 - TWh, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012,
<http://www.bp.com/statisticalreview>, (07 enero 2013), [s.p]

La generación de electricidad producto de la capacidad instalada de turbinas de energía eólica, según se puede notar en la gráfica 4.8, presenta a la zona de Asia Pacífico como la principal zona de generación de electricidad con una participación de 40.10%, seguido por la región de Europa y Eurasia con 24% y en el tercer sitio se ubica la zona de América del Norte con 23.6%.

GRÁFICA 4.8 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR ZONAS GEOGRÁFICAS AL FINAL DE 2011 (En Terawatts - Hora)



Fuente: Elaboración propia con base en: British Petroleum, *Electricity Generation TWh*, *Estatistical Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <http://www.bp.com/statisticalreview>, (07 de enero de 2013), [s.p.].

2.8 Impactos ambientales de las energías renovables

Existe un consenso general en cuanto a que las energías renovables no son fuente de CO₂ y como consecuencia actúan en pro del medio ambiente, sin embargo presentan otro tipo de impactos como a continuación se enuncian en las tablas 4.12 y 4.12a: ¹⁶⁹

Tabla 4.12 Impactos ambientales de las energías renovables.

Fuente de Energía	Efectos en		
	Suelo	Agua	Atmósfera
Eólica	Impacto visual negativo en el panorama de los bosques. Cambio de uso de suelo en grandes extensiones. Ocasionan movimiento de tierras.		Interfiere en las señales de alta frecuencia. Emisión de ruidos.
Geotermia	Producción de salmueras. ¹⁷⁰ Utilización de kilómetros de tubería de gran tamaño. Erosión por la construcción de pozos. Peligro de hundimientos y sismos. Modificación del uso del suelo.	Contaminación térmica. Introducción de diversas sales por el agua sucia. Residuos con contenido de silicatos.	Emisión de sulfuros, gases incondensables y gases de radón, mercurio y argón. Efectos térmicos y climáticos por descargas en la atmósfera.
Hidroeléctrica	Afectación del suelo. Disminución del uso del suelo o desaparición de tierras para el cultivo, pérdida forestal, destrucción del hábitat de diversas especies. Hundimientos de tierra, anegación. Reasentamientos humanos.	Modificación de las corrientes de agua que provocan la aparición o desaparición de especies afectando los sistemas tradicionales. Alteración del ecosistema acuático. Generación de grandes cantidades de aguas residuales.	Modificación del clima, formación de nieblas de evaporación sobre el río o embalses.

¹⁶⁹ Con base en, Blanca Elena Jiménez Cisneros, *La Contaminación Ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada*, México, Limusa Editores, Instituto de Ingeniería UNAM, 2001, pp. 845, 846.

¹⁷⁰ Las salmueras son concentraciones de sal superiores al 5% que se encuentran en el agua en forma disuelta. Cuando abundan las salmueras en los ríos y lagos, la vida en ellos es prácticamente nula. Con base en, Norberto Adrián Gabrielle, *Sales de potasio de la formación de Huitrín (cretácico inferior), provincias de Mendoza y Neuquén*, Buenos Aires Argentina, Revista de la Asociación Geológica Argentina, Tomo 47, No. 3, 1992, pp. 305, 312, 313.

Tabla 4.12a Impactos ambientales de las energías renovables (continuación).

Fuente de Energía	Efectos en		
	Suelo	Agua	Atmósfera
Oceánica	Impacto visual negativo en el panorama de los bosques. Cambio de uso de suelo en grandes extensiones. Ocasionan movimiento de tierras.	Cambios hidrológicos. Disminución de la velocidad del agua. Proliferación de plantas acuáticas. Contaminación térmica.	Cambios climáticos locales.
Solar	Cambio del uso del suelo en grandes áreas de captación.	Contaminación por Níquel, Cobre y Zinc.	Uso de freones en turbinas que afectan la capa de ozono.
Uranio	Sales de mina. Desechos radioactivos.	Contaminación térmica. Efluentes líquidos radioactivos.	Gases radioactivos (gas radón y radiación γ).

Fuente: Elaboración propia con base en, Blanca Elena Jiménez Cisneros, *La Contaminación Ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada*, México, Limusa Editores, Instituto de Ingeniería UNAM, 2001, pp. 845, 846.

Capítulo 5 Sustentabilidad

5.1 Enfoque con base en los ecosistemas

A lo largo de la historia en todo el mundo las economías nacionales siempre se han sustentado en bienes y servicios derivados de los ecosistemas, como también lo es, el hecho de que la vida humana depende de la capacidad que tengan esos ecosistemas para seguir proporcionando sus múltiples beneficios. Con todo, por mucho tiempo las prioridades del desarrollo tanto, en los países ricos como en los pobres, se han centrado en lo que se extrae de los sistemas naturales sin tener demasiado en cuenta el impacto de las acciones del ser humano.¹

Es por ello, que asegurar la viabilidad de los elementos naturales del mundo, debe constituirse en una verdadera prioridad del desarrollo en el siglo XXI. Requiere que gobiernos y empresas revisen algunos conceptos básicos sobre la manera de medir y planificar el crecimiento económico, con base en los ecosistemas.²

Resolver el problema de la pobreza, es en sí mismo una situación ya de por sí difícil, y aunado a la preservación de los recursos que sustentan la vida, lo hace todavía más complicado. Los pobres –quienes por lo general dependen de los ecosistemas para su sustento– son los que más sufren cuando éstos se degradan.³

Por lo que el sustento diario, obliga a muchas personas a poner en peligro los ecosistemas de los cuales dependen, aun cuando sean conscientes, por ejemplo, de que están extrayendo madera o pescado a niveles insostenibles. La codicia, las actividades emprendedoras, la ignorancia o el descuido, también pueden conducir a la gente a ignorar los límites naturales de los ecosistemas. Sin embargo, la dificultad más grande estriba en que las personas de todos los niveles y estratos sociales, desconocen la información disponible o carecen del conocimiento básico de la condición actual y perspectivas de los ecosistemas a largo plazo. Es por ello, que reviste especial interés para los gobiernos, concentrarse en el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, de tal manera que los preserve para las futuras generaciones.⁴

¹ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *et. al.*, *Recursos Mundiales 2002, La Guía Global del Planeta, La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*, E-book, New York, 2002, p. 1.

² Con base en, *Ibid*, pp. 1, 2.

³ Con base en, *Ibid*, p. 2.

⁴ Con base en, *Idem*.

Si no se modifican los patrones actuales de uso, es casi seguro que el mundo encarará, una disminución de la capacidad de la naturaleza para producir su amplia gama de beneficios, como lo es: agua limpia, un clima estable, cultivos alimentarios, madera y hábitats para la vida silvestre.

Si bien es cierto, que la crisis del medio ambiente es ampliamente conocida por gobiernos, instituciones, autoridades y empresas, no se ha logrado abatir las causas que tienen un impacto negativo en los hábitats de la Tierra. Lo anterior, aunado al hecho de que la riqueza de las 200 personas más ricas del mundo excede al ingreso combinado anual de los 2,500 millones de personas más pobres,⁵ así mismo, el 10% de personas más ricas del mundo recibe el 40% del ingreso total global, y el 10% más pobre del planeta concentra apenas el 1% del ingreso, y los cerca de 1,200 multimillonarios del planeta, poseen una riqueza acumulada de 4.5 billones de dólares equivalentes al PIB anual de toda Latino América.⁶

Todo esto ha agudizado todavía más el deseo de prosperar, debido a que casi la mitad de la población mundial vive con menos de dos dólares al día, mientras que otros países como Estados Unidos, por ejemplo, el ingreso promedio diario de un ciudadano común, es de 130 dólares. Esto conlleva a una sobreexplotación más intensa de los recursos de la Tierra, para tratar de resarcir ésta diferencia. El pensar que el crecimiento económico va a resolver los problemas de la pobreza, sencillamente no está respaldado por los hechos. Además, los proyectos de desarrollo de países como India y China está forzando el consumo de combustibles fósiles a tasas sin precedentes.⁷

Lo anterior deja ver que no es sustentable un sistema internacional con algunos países ricos y otros muchos países pobres, y desde luego no son sustentables tampoco los países donde las minorías privilegiadas concentran los ingresos mientras persisten enormes sectores rezagados o excluidos; y no es sustentable un planeta donde el exceso de unos pocos junto con las necesidades no cubiertas del resto de la humanidad producen un deterioro ambiental.⁸

Por lo tanto el ajuste necesario que se tiene que hacer, genera varias implicaciones en cuanto a la justicia social y la distribución del ingreso, es decir, presenta un gran desafío sobre cómo los grandes capitales canalizan el destino de la inversión para procurar beneficios al medio ambiente a la vez de que se procura reducir la brecha entre ricos y pobres.⁹

Por lo que se requiere reorientar la forma en que se desea alcanzar el desarrollo por parte de las naciones que están en vías de ello, así como también de las naciones que ya han alcanzado éste

⁵ Con base en, Peter Senge, *La Revolución necesaria, cómo individuos y organizaciones trabajan por un mundo sostenible*, Bogotá, Grupo editorial Norma, traducción de Affán Buitrago, 2009, p. 6.

⁶ Con base en, Roberto Sansón Mizrahi, *Crisis Global: Ajuste o Transformación*, Buenos Aires, Colección Opinión Sur, E-Book, 2012, pp. 120, 122.

⁷ Con base en, Peter Senge, *op. cit.*, p. 6.

⁸ Con base, en Roberto Sansón Mizrahi, *op. cit.*, p. 135.

⁹ Con base en, *Ibid*, p.124.

progreso. Así mismo, es preciso re direccionar la manera en que se ven y explotan los ecosistemas y su consiguiente sostenibilidad, para que se les asigne el debido valor como algo esencial para la vida humana. La adopción de éste enfoque con base en los ecosistemas, implica que se debe de evaluar las decisiones sobre el uso del suelo y los recursos en términos de cómo afecta éste a la capacidad de los elementos naturales para mantener la vida, el bienestar humano, la salud y el potencial productivo de las plantas, animales y sistemas naturales. Mantener ésta capacidad, es parte esencial para el desarrollo nacional y humano, y es una base sólida para acabar con la pobreza, así como también, en salvaguardar la biodiversidad y desde luego para la construcción de un futuro sostenible.¹⁰

5.2 Utilidad de los ecosistemas

La cubierta terrestre está conformada por plantas y animales, lo que constituye en sí, un gran ecosistema y recibe el nombre de biósfera. La importancia de comprender ésta realidad, reviste en explicar por qué y cómo se establecen y desarrollan los seres vivos dentro de su espacio natural en los ecosistemas.¹¹

Dentro del esquema de la naturaleza, en términos de ciclos de materia y flujos de energía, así como los niveles de organización, se busca proporcionar un valor específico a cada elemento natural, de modo que al conjunto de organismos se le pueda respetar dentro de un espacio definido en términos de lo que contribuye al medio ambiente y también al potencial de biomasa que representa.¹²

En un sistema natural, siempre existe un intercambio tanto de energía como de materia, así que la cantidad total de biomasa existente en el planeta puede considerarse bajo éste enfoque. Además en el sistema natural, es necesario que existan ciclos de materia y flujos de energía para que exista la vida.¹³

En sí, un ecosistema, es una comunidad de organismos que interactúan entre ellos mismos, que convergen y se desarrollan en un ambiente físico en que viven. Cada segmento del planeta forma parte de un ecosistema.¹⁴

Los ecosistemas que se encuentran en nuestro alrededor son: bosques, praderas, ríos, aguas costeras y profundidades marinas, islas, montañas e incluso ciudades. Cada uno entraña la solución a un desafío particular en la vida y conlleva a enseñanzas, tanto de supervivencia

¹⁰ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 2.

¹¹ Con base en, Raúl N. Ondarza, *El Hombre y su ambiente*, México, Trillas, 2012, 3ª Ed. pp. 10, 11.

¹² Con base en, *Idem*.

¹³ Con base en, *Idem*.

¹⁴ Con base en, Teresa Valverde Valdés, y Julia Carabias Lilo, *et. al.*, *Ecología y Medio Ambiente*, México, Pearson-Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México, 2005, p. 105.

como de eficiencia, en la medida en que incontables especies compiten por la luz solar, agua, nutrientes y espacio.¹⁵

Los ecosistemas producen bienes y servicios sin los cuales no pudieramos vivir, hacen que la Tierra sea habitable, purificando el agua y el aire, manteniendo la diversidad, descomponiendo y propiciando el ciclo de nutrientes, además de proporcionar toda una gama de funciones de sostenibilidad para la vida humana y animal.

El aprovechamiento de éstas riquezas constituye la base misma de las economías y desde luego también, de la generación de empleo, particularmente en los países en desarrollo. La agricultura, el aprovechamiento forestal y la pesca, proporcionan uno de cada dos empleos en el mundo en general, y siete de cada diez en África Subsahariana, Asia oriental y el pacífico. En una cuarta parte de las naciones del mundo, los productos agrícolas, la madera y el pescado todavía contribuyen más a la economía que los bienes industriales. En nuestro planeta, la agricultura por sí sola, produce anualmente USD \$1.3 billones en alimentos y fibra.¹⁶

Lo que se sabe sobre el estado general que guardan los ecosistemas es muy limitado, por ejemplo, en cuanto a los costos que generan la degradación de los hábitats y la dependencia que se tiene para la productividad y su capacidad de seguir proveyendo para el futuro. De ahí, que se necesite saber, cuan viables son nuestros hábitats hoy en día y cómo se pueden gestionar de la mejor manera posible, para que conserven su salud y productividad en vista de una demanda humana cada vez mayor.¹⁷

Muchos de los desafíos a los que se enfrenta el ser humano hoy –deforestación, erosión de suelo, desertificación, salinización y pérdida de la biodiversidad– eran problemas incluso en tiempos remotos. La diferencia es hoy de escala, velocidad y naturaleza.¹⁸

La disminución de la capacidad productiva de los hábitats, puede tener unos costos humanos devastadores. Por lo general, como ya se mencionó, los pobres son los primeros y más directamente afectados por ésta degradación, en la medida que dependen de aquéllos para su subsistencia y la obtención de ingresos para su manutención. Al mismo tiempo, ellos mismos, los pobres, son los que menos control ejercen sobre los usos que se les proporciona a esos hábitats naturales.¹⁹

En muchas áreas, tanto la disminución de la producción agrícola, como del suministro del agua dulce, y rendimiento de la madera y de la pesca, ha tenido ya un costo significativo para las economías locales, lo cual repercute en pérdida de la producción industrial por cerca de USD

¹⁵ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 4.

¹⁶ Con base en, *Ibid*, p. 4, 5.

¹⁷ Con base en, *Ibid*, p. 6.

¹⁹ Con base en, *Ibid*, p. 10.

\$11,200 millones anuales y esto afecta a cerca de la mitad de las ciudades más importantes del mundo.²⁰

Así que, uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en el presente, consiste en precisamente entender las vulnerabilidades de los ecosistemas, de manera que se pueda conciliar las demandas del desarrollo humano con la capacidad de tolerancia de la naturaleza. Esto exige, que se deben de llevar a cabo actividades, tomando en cuenta la supervivencia de los hábitats naturales; lo cual significa adoptar un enfoque centrado en ellos para el manejo del medio ambiente, es decir, un enfoque que respete sus límites naturales y tenga en cuenta su interconectividad y capacidad de respuesta.²¹

En su conjunto, los ecosistemas cubren la mayor parte de la superficie de la Tierra y producen casi todos los bienes y servicios que la gente obtiene de la naturaleza. Dada la enorme complejidad que representa su estudio, es posible examinarlos en una escala mundial y analizar en términos más amplios los desafíos que implica manejarlos en forma sostenible y es tarea de todos emprender la conservación de los ecosistemas para asegurar la supervivencia de las futuras generaciones.

5.3 Importancia de la Biodiversidad en el Planeta

Entre las consecuencias de la progresiva disminución de los polinizadores, están las pérdidas multimillonarias por concepto de disminución de cosechas, extinciones masivas de plantas y animales, y un suministro alimentario menos estable. Tomando en cuenta la importancia de la contribución de la polinización²² de la producción mundial, de apenas 30 de los principales vegetales, frutas y cultivos arbóreos (sin incluir pastizales o alimentos para animales), ascendía a cerca de USD \$54,000 millones por año en todo el mundo.²³

La diversidad de las especies influye en la estabilidad de los ecosistemas, y tal diversidad, soporta servicios ecológicos esenciales, que van desde la purificación del agua hasta el ciclo del carbono, además, existe una variedad de plantas que son esenciales para lograr una máxima eficiencia en estos procesos. La diversidad también aumenta la resistencia y flexibilidad de los ecosistemas,

²⁰ Con base en, *Ibid*, p. 12.

²¹ Con base en, *Ibid*, p. 13.

²² La polinización es la transferencia de polen desde los estambres a los estigmas de una planta a otra, a través de procesos bióticos (insectos) y abióticos (agua y viento), con base en, Paula Sosensky y César Domínguez, *La importancia de la polinización para el bienestar humano*, México, Lab. Interacción Planta-Animal, Instituto de Ecología UNAM, [s.a.], <http://www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2009_sem_ser_amb_pres_09_psosenski.pdf>, pp.4, 5, (20 de enero de 2013).

²³ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *et. al.*, *Recursos Mundiales 2002, La Guía Global del Planeta, La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*, New York, E-book, 2002, p. 16.

una cualidad que les permite hacer frente a las presiones y protegerse contra el cambio climático, la sequía y otros fenómenos causantes de los desequilibrios ecológicos.²⁴

La diversidad genética es fundamental para la salud humana, en vista de que tan sólo, el 42% de los 25 principales medicamentos vendidos en el mundo, para combatir dolencias que van desde el colesterol elevado hasta males de tipo bacteriano, proviene de fuentes naturales. Se estima que el valor total mundial de los productos farmacéuticos, derivado de los productos naturales, oscila entre USD \$75,000 y USD \$150,000 millones.²⁵

El agotamiento de la biodiversidad durante el siglo XX fue alarmante, en vista de que se han producido pérdidas significativas en casi todos los tipos de ecosistemas, en su mayoría por disminución de su hábitat. La cubierta forestal ha disminuido entre un 20 y un 50% en todo el mundo; algunos ecosistemas forestales como los bosques tropicales secos de América Central prácticamente han desaparecido. En muchos países más del 50% del área original de manglares hoy ya no existe; las áreas de humedales han quedado reducidas a la mitad, y las praderas han disminuido en más del 90% de algunas áreas. Sólo los ecosistemas de tundra, los árticos y las profundidades marinas se encuentran relativamente intactos.²⁶

La reducción de la biodiversidad bien puede conducir al deterioro de su resistencia y flexibilidad ante las perturbaciones y a aumentar la vulnerabilidad ante los brotes epidémicos, lo que amenaza su estabilidad y permanencia.

5.4 Consecuencias de la sobre-explotación y daño a los ecosistemas

Ciertamente el deterioro ambiental, rasgo importante de la era industrial, se originó precisamente bajo el modelo de industrialización, en el que imperan el flujo de importaciones-exportaciones, pero durante las últimas décadas, no se ha contenido el deterioro ambiental, sino que se ha agravado por el impulso a la industria maquiladora (incluso generadora de emisiones tóxicas y residuos sólidos peligrosos), la admisión creciente de desechos químicos y radioactivos procedentes de Estados Unidos y la laxitud en el cumplimiento de las normas ambientales, tanto por la insuficiencia del gasto público ambiental, como por deficiencias institucionales y en políticas de desarrollo sustentable.²⁷

Uno de los graves problemas que afectan a la humanidad es el bombeo excesivo de agua subterránea, tal es el caso de los agricultores en todo el mundo quienes utilizan grandes cantidades de éste líquido, lo cual excede a las tasas naturales de reposición, en por lo menos

²⁴ Con base en, *Ibid*, p. 17.

²⁵ Con base en, *Idem*.

²⁶ Con base en, *Ibid*, p. 58.

²⁷ Con base en, José Luis Calva, *et. al.*, *Sustentabilidad y desarrollo ambiental, Agenda para el desarrollo*, México, Porrúa, UNAM, Volumen 14, 2007, p. 11.

160,000 millones de m³ por año, aunado a esto, el porcentaje de la población en el mundo que carece de agua potable limpia es del 28% o poco más de 1,700 millones de personas.^{28 29}

Cabe señalar que muchas de las civilizaciones del mundo antiguo florecieron al estar rodeadas por importantes ríos, y las economías del mundo moderno basan su desarrollo en una importante cantidad de agua.³⁰

Ésta sobreexplotación de acuíferos, así como, el sobrepastoreo en enormes superficies del norte de México, trae como consecuencia no sólo la degradación de los suelos sino también la seria amenaza de la extinción de alrededor de 60% de las especies de animales y plantas del área. Así que la pérdida paulatina generalizada de nuestra biodiversidad, es un fenómeno que no exclusivamente afecta la calidad de vida humana, sino que representan pérdidas del potencial reproductivo.³¹

Y en lo que respecta a la calidad del agua, éste líquido, se ve gravemente afectado directamente por la contaminación de productos químicos y nutrientes, o indirectamente cuando la capacidad de los ecosistemas para filtrarla se reduce, o inclusive cuando los cambios en el uso del suelo aumentan por la erosión. La contaminación por nutrientes originada por una escorrentía cargada de fertilizantes constituye un problema grave en las regiones agrícolas de todo el mundo, dado que trae consigo la eutrofización y una serie de peligros para la salud humana en las regiones costeras, particularmente en el Mediterráneo, el Mar Negro y también, en el noroeste del Golfo de México.³²

Igualmente, el 75% de las principales pesquerías del mundo está agotado por la sobrepesca o ha sido aprovechado hasta su límite biológico, y en cuanto a la tala indiscriminada y la reconversión, éstos han reducido la mitad de la cubierta forestal del mundo. Además cerca del 58% de los arrecifes coralinos se encuentra potencialmente amenazado por prácticas de pesca destructivas, por presiones provenientes del turismo y por la contaminación.³³

En cuanto a las tierras para el cultivo, el 65% de los casi 1,500 millones de hectáreas de tierras destinadas para tal fin, que hay en todo el mundo, ha experimentado algún grado de degradación del suelo. Las presiones causantes de éste deterioro continúan aumentando y por ende acelerando el cambio en los ecosistemas.³⁴

²⁸ Tomando como referencia, que en el año 2002, la población mundial del planeta ascendía a 6,282,301,000 habitantes, con base en, Martin De Wulf, *Pirámides de Población del Mundo 1950-2100*, Bruselas, 2015, <<http://populationpyramid.net/es/mundo/2002/>>, (13 de enero de 2013), [s.p.].

²⁹ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *et. al., Recursos Mundiales 2002, La Guía Global del Planeta, La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*, New York, E-book, 2002, p. 15.

³⁰ Con base en, Erick Assadouriam, Tom Prugh, *et. al., Is Sustainability Still Possible?, State of the world*, Washington, The World Watch Institute, Island Press, 2013, p. 13.

³¹ Con base en, José Luis Calva *op. cit.*, p. 11.

³² Con base en, *Ibid*, p. 56.

³³ Con base en, *Ibid*, p. 21.

³⁴ Con base en, *Idem*.

En todo el mundo, el ser humano ha convertido aproximadamente el 29% del área terrestre – cerca de 3,800 millones de hectáreas– en terrenos para la agricultura y en áreas urbanas o edificadas. La conversión a tierras de cultivo y praderas ha afectado a 3,300 millones de hectáreas, lo cual equivale al 26% del área terrestre. En total, la agricultura ha desplazado un tercio de los bosques tropicales y templados y una cuarta parte de las praderas naturales. Por lo que, la conversión agrícola aún constituye una fuerte presión en los ecosistemas naturales de los países en desarrollo. No obstante, en algunos países desarrollados son las propias tierras agrícolas las que están siendo convertidas a usos industriales.³⁵

En algunas regiones del planeta, las cosechas anuales de maíz por hectárea, llegan a alcanzar la cifra de 6,000 kg, esto es, 60,000 kilo calorías por hectárea al día (kcal/ha/día), éstas servirían para alimentar diariamente a 24 seres humanos por hectárea en tierras de alta calidad. Por lo que la población humana actual, con más de 7,000 millones de habitantes, pudiera alimentarse con 271 millones de hectáreas ($7,000 / 271 = 25.8$).³⁶

Hay una marcada ineficiencia en cuanto al aprovechamiento de la tierra cultivable, en vista de que actualmente 1,500 millones de hectáreas se cultivan para dar alimentos, fibras y otros productos, es decir, se emplea una hectárea para alimentar a 3.7 seres humanos, es otras palabras, el área cosechada únicamente es alrededor de entre un 50 a 75% del total de la tierra cultivable y el resto son tierras sin cosechar o pastizales.³⁷

Del espacio disponible utilizado en la producción de alimentos, gran parte se pierde cada año debido a insectos o animales dañinos. El desperdicio es del orden del 40% de las cosechas, y asociado a ello la producción de pesticidas es superior a medio kilogramo por cada persona que hay en la tierra. Muchos de esos productos químicos –algunos de los cuales no se descomponen fácilmente– se adhieren a las hortalizas y frutas, o entran en la cadena alimentaria y se acumulan en la carne que se consume.³⁸

En lo que respecta al área no cultivable, la superficie terrestre continental (sin contar la Antártida y Groenlandia) es de 14,900 millones de hectáreas, sólo que de éste total, 2,600 millones, no son aptos para el cultivo debido a las temperaturas bajo cero, durante nueve meses del año, que imperan en esas regiones. Asociado a ello otros 1,900 millones de hectáreas tienen suficiente humedad por lluvias o agua almacenada en el suelo, los otros tres meses del año, por lo tanto, resta un total de 10,400 millones de hectáreas con posibilidades de ser cultivadas. No obstante, se ha llegado a la conclusión de que sólo podrían cultivarse 3,200 millones de hectáreas y éstas representan 24% de la tierra cultivable.³⁹

³⁵ Con base en, *Ibid*, p. 29.

³⁶ Con base en, Raúl N. Ondarza, *Ecología: El Hombre y su ambiente*, México, Trillas, 2012, 3ª Ed. p. 166.

³⁷ Con base en, *Idem*.

³⁸ Con base en, Fernando Malchán Rosas, [s.l.e.], E-book, [s.a.], p. 31.

³⁹ Con base en, Raúl N. Ondarza, *op. cit.*, p. 167.

La conversión o transformación realizada por el hombre en los ecosistemas o tierras para cultivo constituye el máximo impacto humano en un hábitat y da lugar al cambio más abrupto en los bienes y servicios que éste produce.

Desde comienzos de la historia humana, la expansión de la agricultura hacia los bosques, praderas y humedales, ha sido la fuente principal de conversión. En las últimas décadas, sin embargo, la expansión de áreas urbanas, con sus vías, redes eléctricas y otras obras de infraestructura también se han convertido en una fuente importante de transformación.

Cada vez hay más presión que se produce sobre los ecosistemas y no es sólo cuestión de crecimiento demográfico, de hecho tiene que ver más con lo que se consume y cómo se consume. Durante varias décadas, los incrementos mundiales en el consumo han superado ampliamente el crecimiento de la población. Entre 1980 y 1997, la economía global llegó a casi triplicar su valor, es decir, su poder adquisitivo para consumir, hasta alcanzar los USD \$29 billones, mientras que la población se incrementó en un 35%. Los niveles de consumo per capita están aumentando aceleradamente en muchos países a medida que sus economías se desarrollan, mientras que los niveles de consumo en los países más industrializados ya son notablemente altos.⁴⁰

Lo que evidentemente se ha demostrado con el paso de los años, es que las transformaciones del entorno ambiental constituyen la marca del ser humano en los ecosistemas de la Tierra, tal modificación de éste entorno es para producir la mayor parte de los alimentos, energía, agua y riqueza de los que disfruta el hombre, aunque también representan la principal fuente de perturbaciones para el medio ambiente.

Con respecto a las áreas urbanas y edificadas, éstas ocupan en la actualidad más de 471 millones de hectáreas o el 4% del área terrestre. Cerca de la mitad de la población del mundo – aproximadamente 3,500 millones de habitantes– vive en ciudades. También, la población urbana crece a un ritmo de 160,000 personas al día, lo cual aumenta la presión para que se expandan los límites urbanos, con el consiguiente aumento de las ciudades.⁴¹

Los habitantes de los países industrializados representan sólo el 20% de la población del planeta y consumen 86% de la producción mundial de aluminio, 81% del papel, 80% del hierro y acero, y 76% de la madera, así mismo, el consumo en promedio es del doble de grano, el doble de pescado, tres veces más de carne, nueve veces más de papel y once veces más de petróleo que alguien que vive en un país en vías de desarrollo. Por consiguiente, el crecimiento de la población (calculado en 80 millones por año) causa presiones en los ecosistemas, en la medida en que contribuye a aumentar tanto el consumo como la conversión. Se espera que para el año 2030 más

⁴⁰ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo *op. cit.*, p. 28.

⁴¹ Con base en, *Idem*.

del 60% de la población viva en áreas urbanas y en los países industrializados; y en América Latina, es posible que ésta proporción exceda al 80%.⁴²

Otro de los graves problemas que afectan al ser humano y a los ecosistemas, es que el 70% del desperdicio industrial, no tratado del mundo en desarrollo, se tira al suelo o a los lagos, ríos y océanos y la utilización de tecnología que daña el medio ambiente aunado al crecimiento de la población en el mundo, ha propiciado un incremento en la acumulación de contaminantes y residuos, así como un derroche de los recursos naturales y de energía.⁴³

Así mismo, el uso de fertilizantes, las aguas residuales de humanos y animales, y un tratamiento precario de los residuos industriales, puede agregar agentes contaminantes al agua dulce y a los ecosistemas costeros, estimulando la proliferación de algas y agotando el oxígeno del agua, un proceso conocido como eutrofización.⁴⁴ De esta forma, las aguas carentes de oxígeno no pueden sostener la vida acuática. La eutrofización es un problema cada vez mayor en todo el mundo, por ejemplo, la zona muerta de casi 18,000 km² de aguas carentes de oxígeno, en la parte norte del Golfo de México, se ha originado por la contaminación de nutrientes que ha llegado a las costas por el río Mississippi (Estados Unidos), durante los últimos 40 años.⁴⁵

Asociado a lo anterior, la liberación accidental de sustancias tóxicas como desechos de minería, petróleo o químicos industriales ocurre con regularidad y sus efectos son devastadores.

El contraste que se presenta en los países industrializados con respecto a los países en vías de desarrollo, se manifiesta en el consumo, en el que tan sólo un ciudadano estadounidense, por ejemplo, requiere más o menos cinco hectáreas de un ecosistema productivo para mantener su consumo promedio de bienes y servicios, comparadas con menos de 0.5 hectáreas que se necesitan para sostener el consumo de un habitante de un país en desarrollo. Y con respecto a las emisiones per cápita anuales de CO₂, de los países industrializados, éstas ascienden a 11,000 kg, y lo es porque es ahí donde hay mayor registro de automóviles, industrias y electrodomésticos, comparados con menos de 3,000 kg per cápita que se presentan, por ejemplo en Asia (gran parte de los países en éste continente son países en vías de desarrollo).⁴⁶

Los indicadores económicos –reflejados en los precios y en las políticas gubernamentales– constituyen uno de los principales factores determinantes de la manera en cómo se trata a los hábitats naturales. Los subsidios frecuentemente promueven actividades dañinas que de otra manera no serían económicamente viables. Con frecuencia, los responsables de la toma de decisiones y los economistas tradicionales ignoran simplemente el valor del medio ambiente,

⁴² Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 30, 31 y Víctor Manuel López López, *Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable, Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*, México, Trillas, 2009 (Reimp.), pp. 50-53.

⁴³ Con base en, Peter Senge, *op. cit.* p. 6 y Víctor Manuel López López, *op. cit.* p. 53.

⁴⁴ En sí mismo, la eutrofización es Proceso natural y/o antropogénico (causado por el hombre) que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas., con base en, FAO, *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*, Estudio FAO Riego y Drenaje, 55, Burlington, 1997, p. 41.

⁴⁵ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 33.

⁴⁶ Con base en, *Ibid.*, p. 34.

tratando a éste, como si su abastecimiento estuviera garantizado de por vida. Como consecuencia de lo anterior y para ilustrarlo, se puede talar una porción de bosque, solamente por el valor de la madera, ignorando el que tiene para controlar inundaciones, purificar el agua o como hábitat de pájaros cantores, por ejemplo.⁴⁷

La degradación del suelo constituye un problema en casi el 65% de las tierras agropecuarias. Históricamente los insumos como el agua, los fertilizantes y la tecnología, incluyendo las nuevas variedades de semillas y los plaguicidas, han logrado contrarrestar o aminorar las condiciones de los ecosistemas en casi todo el mundo (con significativas salvedades locales y regionales), y es posible que lo sigan haciendo en un futuro cercano. Sin embargo la disminución de la capacidad productiva de los agroecosistemas va a ser que el desfase sea cada vez mayor.⁴⁸

Y en estos últimos años, la degradación ambiental ha sobrepasado a la realidad en vista de que ha rebasado al ser humano y que afecta a su calidad de vida. Tan sólo en México, por ejemplo, con respecto a la erosión y deforestación de los bosques, el 75% del territorio se encuentra afectado y esto repercute en la pérdida de alrededor de 600, 000 hectáreas de bosques al año, aunado a ello, existe la amenaza cada vez más notoria de los procesos de salinización y contaminación de los suelos y aguas por el uso excesivo de materiales y sustancias no muy proclives para los ecosistemas.⁴⁹

Así mismo también, los organismos que habitan en las plantas y el suelo de los ecosistemas y la misma vegetación en sí, retiran el bióxido de carbono y lo almacenan en sus tejidos, lo que ayuda a disminuir el ritmo de acumulación de CO₂ en la atmósfera. Por lo que, la manera como se administran esos ecosistemas –sea que se promueva la reforestación y otras estrategias de almacenamiento de bióxido de carbono, o que se incremente la tasa de conversión de los bosques– tendrá un efecto significativo en el aumento o disminución de las cantidades de bióxido de carbono atmosférico en el futuro.⁵⁰

Los cambios en el uso y manejo de los ecosistemas también han desempeñado un papel fundamental en la medida en que han liberado carbono almacenado en la vegetación y el suelo. Cerca del 33% de carbono acumulado en la atmósfera durante los últimos 150 años proviene de la deforestación y de los cambios en el uso del suelo.⁵¹

Gran parte de la destrucción de los bosques proviene de la quema. Casi el 30% del CO₂ que se libera a la atmósfera cada año es producido por la quema de matorrales para la agricultura de subsistencia y por el consumo de leña para cocinar.⁵²

⁴⁷ Con base en, *Ibid*, pp. 35, 36.

⁴⁸ Con base en, *Ibid*, p. 56.

⁴⁹ Con base en, José Luis Calva, *op. cit.* p. 11.

⁵⁰ Con base en, *Ibid*, pp. 56, 57.

⁵¹ Con base en, *Ibid*, p. 58.

⁵² Con base en, Al Gore, *La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*, Barcelona, Gedisa Editorial, 2007, p. 227.

De la misma manera, un clima cálido en el ártico elevará la tasa de descomposición de las vastas reservas de turberas⁵³ en los ecosistemas de taiga y tundra, lo que incrementará la liberación del CO₂ a la atmósfera.⁵⁴

Y en lo que respecta a la sobre explotación de madera, desde 1961, el consumo global, se ha incrementado en un 64%. Con ello, más de la mitad de los 3,400 millones de metros cúbicos de madera que se consumen anualmente se queman como combustible; el resto sirve como insumo en la construcción o fabricación de papel, así como toda una variedad de productos derivados.⁵⁵

Se ha calculado que de 4,000 a 5,000 millones de hectáreas de bosques que existían en el mundo desde antes de que apareciera la agricultura, han disminuido en una quinta parte hasta el día de hoy. Y actualmente, año con año, se pierden 13 millones de hectáreas de bosques en el mundo debido a la deforestación; no obstante la tasa de disminución es menor gracias a nuevas plantaciones y a la expansión natural de los bosques existentes.⁵⁶

Entre la década de los noventa y dos mil, se registró una deforestación de 8.9 millones de hectáreas por año, sin embargo ésta cifra disminuyó a 7.3 millones del año 2000 al 2005. Las mayores pérdidas se encuentran en los bosques de las regiones templadas (de 32 a 35%); después están las sabanas leñosas tropicales (de 24 a 25%), y los bosques tropicales (de 15 a 20%).⁵⁷

En éste periodo citado, los bosques tropicales han sufrido el menor daño –de 4 a 6%– debido a que hasta hace poco su población humana era muy escasa y se encuentran en regiones inaccesibles. Tanto los bosques y como las selvas todavía cubren dos quintas partes de la superficie terrestre y alcanzan alrededor de 60% de la productividad neta de biomasa de los ecosistemas terrestres. Cabe señalar que, aproximadamente la mitad del resto de los bosques se hallan en los países en vías de desarrollo.⁵⁸

⁵³ Las turberas son pantanos en los que la planta dominante es el musgo de pantano. Éste es un musgo particularmente importante porque es un “ingeniero ecológico”, ya que absorbe cantidades importantes de CO₂ de la atmósfera y lo almacena en materiales orgánicos que no son descompuestos con facilidad por los microorganismos. Las turberas son muy numerosas en el hemisferio norte, debido a los lodazales que las conforman y se encuentran en regiones que no están densamente pobladas, con base en, Neil A. Campbell y Jane B. Recce, *Biología*, Madrid, Panamericana, 2007, 7ª Ed., p. 511.

⁵⁴ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 57.

⁵⁵ Con base en, *Ibid.*, p.30.

⁵⁶ Con base en, Raúl N. Ondarza, *op. cit.*, p. 169.

⁵⁷ Con base en, *Idem.*

⁵⁸ Con base en, *Idem.*

Tomando en cuenta lo anterior, en la siguiente tabla (5.1) se pueden apreciar los cambios que se presentaron en las superficies aéreas boscosas entre los años de 1990 y 2000. Se observa que las principales regiones deforestadas fueron África, con 52.6 millones de hectáreas y América Latina, con 46.7, mientras que en Europa y América del Norte se logró una deforestación de 9.3 y 3.9 millones de hectáreas, respectivamente.

Tabla 5.1 Cambios en la superficie de las áreas boscosas entre la década de 1990 y 2000 por región.

Región	Área terrestre total (en millones de hectáreas).	Área boscosa total año 1990 (en millones de hectáreas).	Área boscosa total año 2000 (en millones de hectáreas).	Porcentaje de tierras boscosas año 2000.	Cambio 1990-2000 (en millones de hectáreas).
África	2,963.3	702.5	649.9	21.9	-52.6
Asia y el Pacífico	3,463.2	734.0	726.3	21.0	-7.7
Europa	2,359.4	1,042.0	1,051.3	44.6	9.3
América Latina y el Caribe	2,017.8	1,011.0	964.4	47.8	-46.7
América del Norte	1,838.0	466.7	470.1	25.6	3.9
Asia Occidental	372.24	3.6	3.7	1.0	0.0
Total Mundial	13,014.1	3,960.0	3,866.1	29.7	-93.9

Fuente: Elaboración propia con base en, Raúl N. Ordanza, *El Hombre y su ambiente*, México, Trillas, 2012, 3a Ed., p. 171.

Se proyecta que para el año 2020, el índice de deforestación reducirá el área de bosques tropicales de 10 a 20%, tomando como base el crecimiento de la población y las demandas de alimentos, y para el año 2050 se requerirán los recursos equivalentes a dos planetas del tamaño de la Tierra para satisfacer las necesidades de cada individuo.⁵⁹

En cuanto a la actividad industrial ésta genera alrededor de 4 millones de toneladas anuales de desechos que no reciben tratamiento adecuado y que alteran la salud humana y alteran –a veces de manera irreversible– los ecosistemas. A lo anterior se suma la contaminación vehicular (que en la ciudad de México genera dos tercios de las emisiones) y la contaminación generada por servicios, que conjuntamente con la industria hacen que las principales zonas del país, tengan una calidad de vida sumamente menguada por la degeneración ambiental.⁶⁰

Algo que preocupa de manera alarmante es que México reciba millones de toneladas de basura tóxica procedente de Estados Unidos y parte de los cuales son materiales radioactivos y fluidos de amoníaco, y en general se calcula que América Latina recibe alrededor de 40 millones de toneladas de basura tóxica cada año. La zona fronteriza recibe gran cantidad de desperdicios de Estados Unidos que se depositan a lo largo de los 3, 200 km de frontera; y la Secretaría del Medio Ambiente es incapaz de determinar la cantidad exacta de estos desperdicios.⁶¹

Tan sólo en la región de Europa Oriental, la cantidad de residuos peligrosos que se generan se depositan con base en seis métodos de eliminación consistentes en: vertido al mar, terraplenado sanitario, almacenamiento a largo plazo, tratamiento físico, químico o biológico, incineración en tierra y mar, y recuperación o reciclado. Ninguno de estos métodos es completamente satisfactorio o infalible, los efectos a largo plazo en la salud de los habitantes de Europa se verá afectada por los efectos causados por la radiación absorbida.⁶²

El cambio climático global constituye en sí una crisis ambiental, dado que amenaza la capacidad del planeta para sostener a una civilización industrial a gran escala.⁶³

Dentro de las dimensiones de ésta crisis está implícito el sostener a una población de más 7,000 millones de personas con base en recursos limitados como son los combustibles fósiles y la biodiversidad, la cual es la más importante.⁶⁴

Por otro lado, resalta el hecho de que tan sólo el ser humano, de entre alrededor de 10 millones de especies, está destruyendo el 40% del potencial de productividad de la Tierra, además

⁵⁹ Con base en, *Ibid*, p. 173.

⁶⁰ Con base en, José Luis Calva, *op. cit.*, p. 11.

⁶¹ Con base en, *Ibid*, p. 12.

⁶² Con base en, Fernando Malchán Rosas, [s.l.e.], E-book, [s.a.], p. 26.

⁶³ Con base en, *Ibid*, p. 30.

⁶⁴ Con base en, *Idem*.

resulta poco probable que pueda detenerse el crecimiento de la población, por lo que la civilización se halla en una situación sin precedentes.⁶⁵

5.4.1 Principales presiones inducidas por los humanos en los ecosistemas

En síntesis, a continuación se presenta una lista de las principales acciones causadas por el ser humano en detrimento de los ecosistemas:⁶⁶

- Conversión de tierras agrícolas a usos urbanos e industriales
- Contaminación del agua por la escorrentía de nutrientes y arrastres
- Escasez de agua causada por el riego
- Degradación del suelo causada por la erosión
- Cambio en los patrones climáticos
- Crecimiento de la población
- Aumento de la demanda de alimentos y bienes industriales
- Urbanización
- Políticas gubernamentales orientadas al subsidio de insumos agrícolas
- Contaminación del agua por fuentes agrícolas e industriales
- Urbanización residencial y turística la que predomina en zonas costeras
- Deforestación y pérdida subsecuente de biodiversidad
- Lluvia ácida por contaminación industrial
- Invasión de especies no nativas
- Extracción excesiva de agua para usos agrícolas, urbanos e industriales

Inevitablemente, estos desequilibrios subyacentes –unos ecosistemas deteriorados y una armonía social carente de sentido ecológico– están latentes en la crisis medioambiental. Los pobres soportan invariablemente una cuota desproporcionada de las consecuencias del desperdicio industrial y de los ecosistemas en peligro. Ésta es una de las razones de que persistan los extremos de desigualdad y de que los hábitats en todo el mundo estén empeorando. Además, quienes viven bajo un estrés cada vez mayor, ya sea físico, psicológico o económico, tienen mucha dificultad para actuar como administradores del futuro.⁶⁷

5.5 Inventario de los ecosistemas

A continuación se presentará un cuadro general de los cinco tipos principales de los ecosistemas en el mundo:

⁶⁵ Con base en, *Idem*.

⁶⁶ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, pp. 22, 23.

⁶⁷ Con base en, Peter Senge, *op. cit.*, p. 20.

1. Agroecosistemas

Son conocidos como ecosistemas agropecuarios o agroecosistemas y cubren aproximadamente el 28% de la superficie de la tierra, excluyendo Antártida y Groenlandia. Representan USD \$1.3 billones en producción de alimentos, pienso y fibra, así como el 99% de las calorías que consumen los humanos.⁶⁸

La actividad agropecuaria mundial proporciona el 90% de toda proteína animal y vegetal, y el 99% de las calorías que consume el ser humano. Los agroecosistemas también aportan un porcentaje significativo de las fibras que se usa en la alimentación, por ejemplo: algodón, lino, cáñamo, yute y otras de origen vegetal.⁶⁹

A juzgar por su capacidad para satisfacer el ritmo creciente de la demanda de alimentos, pienso y fibra, los agroecosistemas han sido notablemente productivos en todo el mundo. La producción de alimentos per cápita es actualmente más elevada –tomando como base el año 2000–, que hace 30 años, así como también, la población mundial ya que se ha duplicado en el mismo lapso. Sin embargo, el sector agropecuario se enfrenta a un reto de mayor envergadura cuando se trata de responder a las necesidades alimenticias de 1,700 millones de personas más, –el crecimiento demográfico proyectado– durante los próximos 20 años. Históricamente, el aumento de la producción agropecuaria se ha logrado principalmente al incluir más tierras para esa actividad. Pero el remanente de tierras con potencial agrícola (especialmente para cultivos anuales de grano), y que por el momento no están siendo cultivadas, es limitado.⁷⁰

Cerca de dos tercios de las tierras agrícolas contienen áreas degradadas como consecuencia de los procesos de erosión, salinización, compactación, agotamiento de nutrientes, degradación biológica o contaminación, que han tenido lugar durante los últimos 50 años. Cerca del 40% de las tierras agrícolas se hallan degradadas o fuertemente degradadas.⁷¹

Aunado a lo anterior, el consumo total de fertilizantes en el mundo asciende a 137 millones de toneladas al año, lo cual representa un aumento dramático en el consumo durante los últimos 50 años.⁷²

Se estima que en todo el mundo, la salinización, reduce los ingresos de los agricultores en unos USD \$11,000 millones al año. El riego consume el 70% de toda el agua que se extrae para uso humano, sólo entre un 30 y un 60% se devuelve para el proceso de filtración de aguas subterráneas, lo que hace del riego, el principal usuario neto de agua

⁶⁸ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 50.

⁶⁹ Con base en, *Ibid.*, p. 60.

⁷⁰ Con base en, *Idem.*

⁷¹ Con base en, *Ibid.*, p. 61.

⁷² Con base en, *Ibid.*, pp. 64-66.

dulce en todo el mundo. Aunque en la actualidad solo el 17% de los agroecosistemas dependen del riego, ésta proporción ha venido aumentando rápidamente.⁷³

En lo que respecta al almacenamiento de carbono, la proporción de carbono contenido en los agroecosistemas (entre el 26 y el 28% de todo el carbono que retienen los sistemas terrestres) es casi igual a la proporción de tierras dedicadas a los agroecosistemas (28% del total). Las emisiones, tanto de dióxido de carbono como de metano, originadas en la agricultura son significativas y van en aumento, a causa de la conversión de bosques y sabanas selváticas, a usos agrícolas.⁷⁴

El valor total de los agroecosistemas en el mundo es de USD \$1.3 billones al año. En todo el mundo, el 46% de los trabajadores se dedica a actividades agropecuarias, y casi la mitad de la población total vive en comunidades rurales que dependen de ellas.⁷⁵

En África, las pérdidas en el rendimiento de los cultivos entre 1970 y 1990, únicamente a causa de la erosión hídrica, se estimaron en un 8%. Las estimaciones sobre pérdidas económicas asociadas con la degradación del suelo, en ocho países africanos, oscilan entre el 1 y el 9% del PIB agropecuario. Se estima que las pérdidas económicas anuales totales debidas a la degradación en el sur y sudeste de Asia son el 7% del PIB agropecuario de la región. Dado que más de la mitad de la tierra de ésta región, no está afectada por la degradación, los efectos económicos en aquellas áreas que sí están degradadas, parecen ser bastante significativos. Las pérdidas económicas a causa de la erosión en diferentes regiones de México oscilan, aproximadamente entre el 3 y el 13%, del PIB agropecuario.⁷⁶

Como ya se estableció, aproximadamente un 70% —2,800 km³ de los 4,000 km³ de agua que los humanos extraen de los ecosistemas de agua dulce cada año— se destina al riego. Además de lo anterior, la salinización le cuesta a los agricultores en el mundo USD \$11,000 millones al año en términos de reducción del ingreso, esto es el 1% del valor total de la producción agropecuaria.⁷⁷

El carbono fijado en los agroecosistemas —tanto en su suelo como en su vegetación— cumple un papel importante como parte del ciclo general del carbono. Los suelos agropecuarios por lo general almacenan más carbono que los cultivos y pastizales que sostienen. La vegetación agrícola almacena un promedio de 5 a 6 kg de carbono por metro cuadrado (kgC/m²), mientras que los suelos agropecuarios almacenan un promedio de 7 a 11 kgC/m². En conjunto, los suelos y la vegetación, contienen

⁷³ Con base en, *Ibid*, p. 62.

⁷⁴ Con base en, *Ibid*, p. 64.

⁷⁵ Con base en, *Ibid*, p. 68.

⁷⁶ Con base en, *Ibid*, p. 71.

⁷⁷ Con base en, *Ibid*, p. 72.

aproximadamente entre el 26 y 28% de todo el carbono almacenado en los ecosistemas terrestres.⁷⁸

Los orígenes agropecuarios de las emisiones de carbono son muchos. Entre las principales fuentes de CO₂ figuran la conversión de bosques y sabanas leñosas a tierras agropecuarias, y la quema deliberada de rastrojos y pastizales para controlar plagas y enfermedades, así como para mejorar la fertilidad del suelo, sin olvidar que también por la expansión del cultivo de arroz, generan mayores problemas al liberarse bióxido de carbono. También hay actividades que producen metano, otra molécula basada en el carbono y un gas más poderoso de efecto invernadero que el CO₂. La cría de ganado y cultivo de arroz son fuentes importantes de metano.⁷⁹

2. Ecosistemas costeros

Las pesquerías marinas cubren aproximadamente el 22% de la superficie terrestre, a lo largo de las líneas costeras continentales e insulares, y también abarcan el área oceánica que sobresale de la plataforma continental. La zona costera alberga 2,200 millones de personas o 39% de la población total del mundo y produce hasta el 95% del pescado de captura proveniente del mar.⁸⁰

Mil millones de personas, principalmente en los países en desarrollo, dependen del pescado como fuente principal de proteínas.⁸¹

Aproximadamente, el 75% de las pesquerías en el mundo están sobre-explotadas y las flotas pesqueras tienen capacidad para pescar muchos más peces de los que permite una producción sostenible.⁸²

Una fuente importante de recursos en las costas, es el turismo. Éste sector genera ingresos por USD \$3.5 billones cada año, cifra que aumenta año tras año. El turismo –transporte, hospedaje, alimentación, entretenimiento y servicios para viajeros– no sólo constituyen la industria más grande del mundo, sino la de crecimiento más acelerado de la economía mundial, generando 200 millones de empleos, es decir, el 8% del empleo mundial.⁸³

En muchos países, el turismo costero es el sector más grande de ésta industria, mientras que en muchos otros, particularmente en las pequeñas naciones insulares del mundo desarrollado, éste sector, representa una proporción importante y con una

⁷⁸ Con base en, *Ibid*, p. 75.

⁷⁹ Con base en, *Idem*.

⁸⁰ Con base en, *Ibid*, p. 76.

⁸¹ Con base en, *Ibid*, p. 77.

⁸² Con base en, *Ibid*, pp. 77, 78.

⁸³ Con base en, *Ibid*, p. 92.

participación significativa del PIB, además de tener un aumento significativo en el flujo de divisas. El turismo, con una administración sustentable, en las zonas costeras, pueden promover tanto el desarrollo económico como la conservación de los ecosistemas en los cuales tienen presencia.⁸⁴

En los últimos años, el movimiento continuo de las olas, ocasionado por tormentas cada vez más intensas, han puesto en peligro, a más de 40 millones de personas en todo el mundo.⁸⁵

3. Ecosistemas Forestales

La vegetación de los ecosistemas forestales, presenta grandes variaciones de un tipo de bosque a otro. La productividad neta en cuanto a fijación de bióxido de carbono, de un bosque tropical húmedo que crece rápidamente, almacena anualmente entre uno y dos kilogramos de carbono por metro cuadrado de superficie terrestre.⁸⁶

Los ecosistemas forestales, cubren el 22% del total de la superficie terrestre excluyendo la Antártida y Groenlandia. Representan más del 2% del PIB mundial a través de la elaboración y manufactura de productos de madera industrial, únicamente en lo que concierne a estos insumos.⁸⁷

En lo que respecta al estado que guarda el carbono, probablemente los bosques almacenan más bióxido de carbono que cualquier otro ecosistema terrestre: cerca del 40% del total. La deforestación y degradación son responsables de cerca de 20% de las emisiones anuales de bióxido de carbono. Desde el punto de vista del almacenamiento de carbono, la condición de los ecosistemas forestales está menguando constantemente, aunque con los incentivos económicos recientes y que van en aumento, sería posible revertir ésta tendencia.⁸⁸

Los bosques ofrecen varios servicios valiosos en lo que se refiere a protección de cuencas hidrográficas: estabilizan físicamente sus partes altas; las raíces de los árboles bombean agua desde el suelo para ser utilizada por las plantas, lo que reduce la humedad del suelo y la posibilidad de que se produzcan avalanchas de lodo; y las estructuras de las raíces aumentan la capacidad de agarre del suelo, ayudando así, a evitar desprendimientos de tierra. Así mismo, los bosques tienden a moderar la tasa

⁸⁴ Con base en, *Idem*.

⁸⁵ Con base en, *Ibid*, p. 91.

⁸⁶ Con base en, Raúl N. Ondarza, *Ecología: El Hombre y su ambiente*, México, Trillas, 2012, 3ª Ed. p. 105.

⁸⁷ Con base en, *Idem*.

⁸⁸ Con base en, *Idem*.

de escorrentía proveniente de las lluvias, reduciendo los caudales durante las épocas más intensas y aumentándolos durante épocas más secas.⁸⁹

Se estima que durante el siglo XX, se ha perdido la mitad de los humedales en el mundo y esto como consecuencia de que han sido convertidos a actividades agrícolas o de desarrollo urbano, o desecados para combatir enfermedades como la malaria.⁹⁰

Muchas regiones del mundo cuentan con muy buen abastecimiento de agua; aún así cerca del 40% de la población del mundo padece escasez grave del líquido, y se proyecta que ésta continuará.⁹¹

Cada año los seres humanos retiran 4,000 km² de agua, ésto es, el 20% del caudal normal de los ríos en el mundo. Entre los años de 1900 y 1995, los retiros aumentaron en más de seis veces, lo cual equivale a más del doble de la tasa de crecimiento poblacional. Se prevé que para el año 2025, por lo menos 3,500 millones de personas (48% de la población mundial) vivirán en regiones donde se presentarán problemas con éste líquido. De éste total, 2,400 millones vivirán en condiciones de extrema dificultad por la falta de agua.⁹²

En suma, el volumen de captación de carbono, que registran los bosques, oscila entre 400,000 y 500,000 millones de toneladas de carbono al año, cerca de dos terceras partes de la cantidad presente como bióxido de carbono en la atmósfera (740,000 millones de toneladas). Ésta cifra sólo puede calcularse en forma aproximada.⁹³

Por el contrario, los bosques que se encuentran en climas fríos, como en el ártico, por ejemplo, así como la vegetación de las regiones áridas del desierto, sólo pueden llegar al 1% de almacenamiento respecto de los bosques tropicales húmedos, esto es, entre 100 y 200 gramos de carbono por metro cuadrado. Así mismo, los bosques y los campos cultivados de las latitudes medias asimilan entre 0.2 y 0.6 kg x m². Por lo que se puede decir que las áreas de alta fijación para la tierra no son muy abundantes.⁹⁴

4. Ecosistemas Acuáticos

Se consideran ecosistemas acuáticos a los sistemas naturales de agua dulce y a los ecosistemas marinos, a continuación se describen a ambos:

⁸⁹ Con base en, Raúl N. Ondarza, *op. cit.*, p. 106.

⁹⁰ Con base en, *Ibid*, p. 108.

⁹¹ Con base en, *Ibid*, p. 109.

⁹² Con base en, *Ibid*, p. 112.

⁹³ Con base en, *Ibid*, p. 140.

⁹⁴ Con base en, *Idem*.

a) De agua dulce

Cubren menos del 1% de la superficie de la Tierra, pero son la fuente de agua para beber, para uso doméstico, agrícola e industrial. La importancia de este tipo de ecosistemas, radica en el suministro que realizan para el consumo doméstico y las actividades agropecuarias, mantenimiento de la calidad del agua, y reposición de los acuíferos que alimentan las aguas subterráneas. Pero además de lo anterior, los ecosistemas de agua dulce proporcionan muchos otros bienes y servicios que son trascendentales para la vida, como son, hábitats para los peces, mitigación de inundaciones, mantenimiento de la biodiversidad, asimilación y disolución de desperdicios. Se destaca en éste tipo de ecosistemas, por ejemplo, que los peces y moluscos de agua dulce constituyen una fuente importante para la alimentación.⁹⁵

Si bien es cierto que los ríos, lagos y humedales contienen apenas el 0.01% del agua dulce del mundo y ocupan solamente el 1% de la superficie total del planeta, se estima que el valor total de los servicios que brindan asciende a varios billones de dólares.⁹⁶

En lo que se refiere al sistema de acuicultura de agua dulce, éste produjo 17 millones de toneladas métricas⁹⁷ de pescado y desde 1990 el rendimiento de ésta actividad ha aumentado considerablemente a más del doble.⁹⁸

La principal amenaza para la sostenibilidad de éste ecosistema, radica en la pérdida del hábitat natural y la degradación del medio ambiente terrestre y acuático.

En cuanto a la calidad del agua, en la mayoría de sistemas de depósitos de éste líquido, se está presentando un aumento en la eutrofización, lo que conlleva a enfermedades por la contaminación de aguas con materias fecales, resultando en mortalidad de los consumidores, principalmente en regiones de países en vías de desarrollo.⁹⁹

Ahora bien, en lo que respecta a la cantidad de agua, los habitantes de las regiones cercanas a los ríos, extraen casi la mitad de agua disponible. Tan sólo entre los años de 1990 y 1995, la extracción de agua aumentó seis veces, esto es, más de dos veces la tasa de crecimiento de la población, no obstante, a pesar de que muchas regiones en el mundo cuentan con buen abastecimiento de agua,

⁹⁵ Con base en, *Ibid*, p. 107.

⁹⁶ Con base en, *Ibid*, p. 108.

⁹⁷ Una tonelada métrica 1t= 1,000 kg, por lo tanto: 17,000,000 de toneladas métricas equivalen a 17,000,000,000 de toneladas, con base en, José Luis Galán García, *Sistema de Unidades Físicas*, Barcelona, Reverté, 2007, p. 35.

⁹⁸ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 108.

⁹⁹ Con base en, *Ibid*, p. 109.

cerca del 40% de la población en el mundo padece escasés grave de éste preciado líquido.¹⁰⁰

A nivel mundial, existen alrededor de 1,500 millones de personas para quienes el agua subterránea constituye su principal fuente para beber éste líquido.¹⁰¹

b) Ecosistemas marinos

El ecosistema marino es el de mayor tamaño que existe de entre todos los ecosistemas. Los océanos cubren una superficie de más del 66% de la superficie terrestre, esto es, un total de 361 millones de kilómetros cuadrados y el volumen de agua es de un total de 1,370 millones de metros cúbicos lo que representa el 97.5% del agua existente en nuestro planeta.¹⁰²

En los ecosistemas marinos, existe el fitoplancton¹⁰³ éste tipo de vegetación, fija cada año alrededor de 93,000 millones de toneladas de bióxido de carbono, además de la fijada por procesos químicos, sin embargo ésta cantidad es inferior, a la cantidad registrada debido a la captación del bióxido de carbono por parte de la vegetación terrestre. Cabe señalar que, tanto el bióxido de carbono consumido, como el oxígeno liberado, se encuentran en forma de gas disuelto cerca de la superficie del océano. Así mismo, existe un intercambio dinámico de bióxido de carbono y de oxígeno entre la atmósfera y el mar, que se lleva a cabo por la acción del viento y las olas. En cualquier momento la cantidad de bióxido de carbono disuelto sobre las capas de la superficie del mar se encuentra en estrecho equilibrio con la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera.¹⁰⁴

Las mediciones realizadas cada año indican que el bióxido de carbono, antes de disolverse en el mar, primero reside en la atmósfera entre 5 y 10 años. Por lo que, cada año aproximadamente 100,000 millones de toneladas de bióxido de carbono atmosférico se diluyen en el mar.¹⁰⁵

El bióxido de carbono emitido a la atmósfera todos los años, representa un grave problema para la humanidad, las cantidades superan las 7,500 millones de toneladas por año, lo cual aumentaría unas 2.3 partes por millón (ppm) en el aire, si no se distribuyera o eliminara la mayor parte de éste. Antes del inicio de

¹⁰⁰ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p.109.

¹⁰¹ Con base, en *Idem*.

¹⁰² Con base en, Raúl N. Ondarza, *op. cit.*, p. 140.

¹⁰³ El fitoplancton es vegetación compuesta de varias formas de plantas microscópicas que crecen y se multiplican al tiempo de que flotan en el agua. El enriquecimiento de agua con nutrientes, estimuló el crecimiento del fitoplancton, con base en, Bernard J. Nebel y Richard T. Wright, *Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenibles*, México, Pearson, 1999, 6ª Ed. p. 298.

¹⁰⁴ Con base en, Raúl N. Ondarza, *op. cit.* p. 140.

¹⁰⁵ Con base en, *Ibid*, p. 142.

la Revolución Industrial, había alrededor de 580,000 millones de toneladas de carbono en la atmósfera. Hoy día esa cifra se ha elevado a más de 750,000 millones.¹⁰⁶

En el océano Antártico, que normalmente absorbe 15% de las emisiones de bióxido de carbono del planeta, ha disminuido su capacidad para absorber CO₂ debido a que la fuerza del viento ha aumentado. Esto provoca, a su vez, que se libere más bióxido de carbono a la atmósfera, y como consecuencia se impide que se absorba el CO₂. Estos vientos más fuertes son originados por la actividad humana. Además, las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y la consiguiente reducción de la capa de ozono, originan que las tormentas sobre el océano Antártico sean más intensas.¹⁰⁷

La superficie de los océanos absorbe 30% aproximadamente del carbono presente en la atmósfera, a simple vista parecieran que son un tanto improductivos comparados con los ecosistemas terrestres, no obstante, son los océanos los que poseen la mayor capacidad física para almacenar el carbono y a lo largo del tiempo, los océanos han acumulado el 85% del carbono de la atmósfera.¹⁰⁸

En cuanto a la capacidad neta del océano para almacenar carbono, la cifra es de 50g de carbono fijado por metro cuadrado al año y en los lugares cercanos a las costas la capacidad también es alta debido a los nutrientes que abundan en tales zonas.¹⁰⁹

Como ya se ha señalado, el océano absorbe aproximadamente una tercera parte del CO₂ producido por combustibles fósiles emitidos a la atmósfera. Sin embargo, éste proceso implica un alto costo ecológico, el cual es la acidificación del océano, y esto se presenta una vez que el CO₂ se disuelve en el agua salada lo que propicia que el pH de la misma disminuya, dando como resultado lo que se denomina *acidificación*.¹¹⁰

Si bien es cierto que los niveles de pH¹¹¹ actuales no son alarmantes, sí lo es la tasa de cambio de éstos y es que el océano nunca había experimentado una acidificación tan rápida. De continuar con ésta tendencia, –elevándose de

¹⁰⁶ Con base en, *Ibid.* p. 143.

¹⁰⁷ Con base en, *Ibid.* p. 145.

¹⁰⁸ Con base en, *Ibid.* pp. 108, 109.

¹⁰⁹ Con base en, *Idem.*

¹¹⁰ Con base en, *Ibid.* p. 145.

¹¹¹ El pH es una unidad de medida de acidez o alcalinidad del agua (éstos se consideran polos opuestos tal como lo es el agua fría o caliente), de ésta manera cuando se dice que el océano está muy ácido es debido a la alta concentración de iones de hidrógeno, con base en Howard L. Ritter, *Introducción a la Química*, Miami, Reverté, 2005, pp. 230, 240, 241.

manera exponencial las concentraciones de CO₂— se puede esperar cambios de pH 100 veces más veloces que los que se presentaron hace miles de años.¹¹²

Se pueden evitar los impactos del cambio climático, si se logra estabilizar la concentración atmosférica de CO₂ en 550 ppm. En la actualidad, ésta concentración es de aproximadamente 380 ppm y, sino se toman medidas preventivas, se espera que alcance las 550 ppm a mediados de este siglo.¹¹³

Aunado a las variaciones diarias de bióxido de carbono en el aire, existe una marcada modificación anual más significativa en el hemisferio Norte, donde se puede encontrar la mayor cantidad de bosques.¹¹⁴

Las plantas consumen más bióxido de carbono que el que se deposita en el suelo, cuando se presenta la primavera, en las regiones del hemisferio norte. Éste aumento se puede medir por el consumo de bióxido de carbono. En términos generales, de abril a septiembre se manifiesta una disminución marcada en el contenido atmosférico de bióxido de carbono.¹¹⁵

5. Ecosistemas de Pradera

Los ecosistemas de pradera (incluyendo tierras de matorrales) cubren el 41% de la superficie terrestre (excluyendo la Antártida y Groenlandia) y son productores esenciales de proteína y fibra provenientes del ganado, particularmente en los países en desarrollo.¹¹⁶

Son más importantes para una proporción mayor de la población, puesto que albergan alrededor de 1,000 millones de personas (aproximadamente el 17% de los habitantes del planeta).¹¹⁷

Las praderas están siendo transformadas por la agricultura y urbanización. En algunas partes del norte la conversión llega al 100%. La construcción de vías y los incendios provocados están transformando la extensión, composición y estructura de las praderas.¹¹⁸

Las praderas almacenan cerca de un tercio de las existencias de bióxido de carbono de los ecosistemas terrestres. Ésto es, menos del bióxido de carbono almacenado en

¹¹² Con base en, Raúl N. Ondarza, *op. cit.*, p. 145.

¹¹³ Con base en, *Ibid.*, p. 147.

¹¹⁴ Con base en, *Idem.*

¹¹⁵ Con base en, *Idem.*

¹¹⁶ Con base en, *Ibid.*, p. 123.

¹¹⁷ Con base en, *Ibid.*, p. 124.

¹¹⁸ Con base en, *Idem.*

los bosques, aunque las praderas ocupan el doble de la superficie terrestre. A diferencia de los bosques, donde la vegetación constituye el principal depósito de bióxido de carbono, en las praderas son los suelos los que contienen tal depósito. Si éstos continúan degradándose por la acción de la erosión, la contaminación, el sobrepastoreo o por el pastoreo estático, es posible que disminuya la capacidad futura de las praderas para almacenar carbono.¹¹⁹

Los ecosistemas de pradera abarcan 52.5 millones de km² o el 41% de la superficie terrestre (excluyendo la Antártida y Groenlandia); mucho más que los bosques o los agroecosistemas. En 40 naciones, las praderas cubren más del 50% de la superficie, y en 20 de ellas –la mayoría en África– cubren más del 70%.¹²⁰

El suelo y la vegetación de las praderas almacenan actualmente entre 405 y 806 millones de toneladas de carbono, lo que representa, como ya se mencionó, el 33% del total del bióxido de carbono fijado en los ecosistemas terrestres. La cantidad de bióxido de carbono almacenado en las praderas es aproximadamente la mitad de la que se almacena en los bosques, si bien el área total de praderas es casi el doble.¹²¹

Existe una serie de actividades humanas que puede perturbar la capacidad de almacenamiento de bióxido de carbono en las praderas. Cuando éstas se convierten en tierras para la agricultura, por lo que la eliminación de la vegetación y el cultivo subsiguiente reducen la cubierta superficial y desestabilizan el suelo, lo cual conduce a la liberación de bióxido de carbono. La degradación de los pastos en las tierras secas, también puede convertirse en una fuente significativa de pérdida de bióxido de carbono, lo mismo que la práctica de quemar pastizales para mejorar su valor como tales. Incluso la amenaza creciente de las especies invasoras puede afectar adversamente la capacidad de almacenamiento de carbono de las praderas.¹²²

En su conjunto, estos cinco tipos de ecosistemas, cubren la mayor parte de la superficie terrestre y una porción significativa del área de océano. Así mismo, albergan la mayor parte de la población del mundo. Otros sistemas de las zonas polares, las montañas, las áreas oceánicas más allá de la zona continental, e incluso los sistemas urbanos, contienen el resto de los ecosistemas y son importantes por derecho propio. A continuación se presenta una descripción general de cada uno de ellos.¹²³

6. Ecosistemas de Montaña

La mitad de la población del planeta depende del agua que baja de las montañas, donde nacen todos los principales ríos del mundo. En los ambientes áridos y

¹¹⁹ Con base en, *Ibid*, p. 125.

¹²⁰ Con base en, *Ibid*, p. 126.

¹²¹ Con base en, *Ibid*, p. 133.

¹²² Con base en, *Idem*.

¹²³ Con base en, *Ibid*, p. 50.

semiáridos, las montañas proporcionan en promedio entre el 70 y el 95% del agua dulce que llega a los poblados, pendiente abajo. En regiones de abundante precipitación, las montañas abastecen entre el 30 y el 60% del líquido, para las ciudades.¹²⁴

El turismo en zonas de montaña genera entre USD \$70,000 y USD \$90,000 millones anuales en todo el mundo, lo cual representa entre el 15 y el 20% de la industria turística global.¹²⁵

7. Ecosistemas Polares

La manera en que el Ártico y la Antártida responden a los cambios ambientales globales, se ha convertido en motivo de preocupación, porque éstas regiones tienen una influencia marcada sobre el sistema climático mundial, albergan una enorme riqueza mineral y biológica, y contienen la mayor parte de agua dulce del mundo en forma de hielo y suelo permanente.¹²⁶

Las áreas que rodean los dos polos tienen tres cosas en común, clima frío, nieve y hielo. En lo que respecta a sus ecosistemas marítimos y terrestres poco tienen en común. El continente antártico está cubierto por una gruesa capa de hielo y aun durante el verano son escasas las montañas y áreas costeras que están libres de hielo. El tamaño de la cubierta de hielo oscila entre 4 y 19 millones de km², dependiendo de la estación; y su grosor es de 2.3 km. Éstas áreas (El Ártico y la Antártica) contienen el 91% del hielo y la mayor parte del agua dulce del mundo.¹²⁷

8. Ecosistemas Urbanos

Los ecosistemas urbanos cubren el 4% de la superficie de la Tierra. La extensión física de los ecosistemas urbanos está determinada tanto por la densidad de población como por la infraestructura.¹²⁸

Las temperaturas, en las áreas excesivamente urbanizadas, pueden ser más elevadas entre un 0.6 y un 1.3 °C, que en las áreas rurales. Éste efecto térmico, resulta de la existencia de grandes áreas de superficies que absorben calor –como las asfaltadas– en combinación con la alta densidad de construcción y un elevado consumo de energía. A su vez, esas temperaturas más altas convierten a las ciudades en incubadoras de aire contaminado.¹²⁹

¹²⁴ Con base en, *Ibid*, p. 136.

¹²⁵ Con base en, *Ibid*, p. 138.

¹²⁶ Con base en, *Idem*.

¹²⁷ Con base en, *Ibid*, p. 139.

¹²⁸ Con base en, *Ibid*, p. 143.

¹²⁹ Con base en, *Ibid*, p. 144.

Uno de los desafíos principales que entraña el manejo de las áreas urbanas como ecosistemas es la falta de información. Otro problema es la falta de planificación y presupuestos para el cuidado de los espacios verdes. Muchas ciudades carecen de programas sistemáticos de cuidado de árboles y prestan muy poca atención a los efectos de la condición de suelo, a los elementos que obstaculizan el crecimiento de las raíces, y a las sequías causadas por la canalización de las lluvias, así como al efecto de isla de calor.¹³⁰

Las áreas urbanas consumen cantidades masivas de bienes y servicios ambientales – tomados de ecosistemas localizados más allá de sus límites– y generan enormes cantidades de desperdicios. Se estima que una ciudad con una población de un millón de habitantes en Europa, requiere diariamente un promedio de 11,500 toneladas de combustibles fósiles, 320,000 toneladas de agua y 2,000 toneladas de alimentos, la mayoría de los cuales se producen fuera de la ciudad. A su vez, las ciudades, generan 300,000 toneladas de aguas residuales, 25,000 toneladas de CO₂ y 1,600 toneladas de residuos sólidos.¹³¹

Las consecuencias que se prevén, además de la contaminación que se genera en las zonas urbanas, será el estancamiento del crecimiento económico, en vista de los costos que se destinarán para subsanar los problemas que deriven de ésta situación, aunado a las graves consecuencias derivadas del sector salud y al deterioro de los propios recursos naturales, incrementando la degradación ambiental.¹³²

Es decir, el deterioro de las condiciones del ordenamiento urbano e industrial de cada país, llevará a un aumento en los gastos de salud y mortalidad. Por otro lado, también propiciará baja en la calidad de vida y deterioro en las condiciones de vida de los pobres, dejando como saldo una pérdida irreparable de la biodiversidad biológica en la mayoría de los países que presentan tal ordenamiento urbano.¹³³

Si siguiendo el ritmo de crecimiento actual de las emisiones de bióxido de carbono, de cada país a la atmósfera, pasarán de 27,000 millones de toneladas métricas, registradas en 2004, a 43,000 millones proyectadas para el año 2030. Esto representa un aumento de un 60 por ciento, que puede sobre calentar todavía más al planeta. Si bien es posible que las iniciativas de los países y organismos internacionales traten de aminorar los efectos, todo cambio fundamental requeriría desarrollar el proceso de

¹³⁰ Con base en, *Ibid*, p.146.

¹³¹ Con base en, *Ibid*, p.147.

¹³² Con base en, Luis Chesney Lawrence, *Desarrollo sustentable y conciencia ambiental*, Washington, Eco Publicaciones, 2012, p. 35.

¹³³ Con base en, *Idem*.

comercialización de alternativas energéticas de manera más rápida, ya que siguen estando en un estado de desarrollo todavía primario.¹³⁴

La cantidad de recursos naturales de que dispone la Tierra se está agotando a un ritmo alarmante, exponencialmente más rápido de lo que la biósfera puede reponerlos. Es por ello que el concepto de huella ecológica –que se conoce también como el área requerida para sostener una ciudad– será útil analizarlo para determinar el impacto causado a los ecosistemas.¹³⁵

5.6 Huella Ecológica

La población del planeta ha crecido en términos significativamente altos en los últimos cien años. Para el año de 1970, la Tierra tenía la mitad de la población que en el año 2011, es decir, que se duplicó la cantidad de habitantes en alrededor de sólo 40 años. Éste simple hecho tiene un impacto devastador en la vida del planeta, ya que en éste espacio de tiempo, se ha incorporado más población que en los últimos dos mil años.¹³⁶ En la gráfica 5.1 de la página siguiente se muestra cómo ha evolucionado la población del planeta en los últimos milenios.

Éste rápido crecimiento poblacional impulsa una mayor demanda de alimento, agua y energía, así como de todos los recursos naturales. A la vez, impone una enorme presión sobre las áreas vulnerables tales como las selvas tropicales, entre otros.¹³⁷

Cabe señalar que hasta el siglo XIX, el crecimiento de la población, avanzó de manera lenta e irregular, sin embargo, para el siglo XX se produjo una verdadera explosión demográfica, pasando de 1,600 millones de habitantes en el año de 1900, a 6,500 millones de habitantes a principios del siglo XXI.¹³⁸

Las estadísticas muestran que el planeta tiene ahora, más de 7 mil millones de habitantes. Algo que llama la atención es que hace relativamente pocos años, en 1975, se rebasó la barrera de los 4 mil millones, es decir, en poco más de 40 años se han agregado 3 mil millones de seres humanos que deben vestirse, comer, tener un techo digno, educarse, curarse de las

¹³⁴ Con base en, Michael T. Klare, *Planeta sediento recursos menguantes, la nueva geopolítica de la energía*, Barcelona, Tendencia Editores, 2008, p. 333.

¹³⁵ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 147.

¹³⁶ Con base en, J.L. Gamband, *El mito del desarrollo sustentable, la verdad no está donde nos dicen que está*, [s.l.e.], Esmashwords Edition, E-Book, 2012, p. 6.

¹³⁷ Con base en, Al Gore, *La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*, Barcelona, Gedisa Editorial, 2007, p. 220.

¹³⁸ Con base en, Felipe Pizarro Alcalde, *La Teoría de la Transición Demográfica: Recursos Didácticos*, Enseñanza de las Ciencias Sociales, Barcelona, Universidad de Barcelona, Número 9, 2010, p. 129. <<http://148.215.2.11/articulo.oa?id=324127609012>> (6 de enero de 2014).

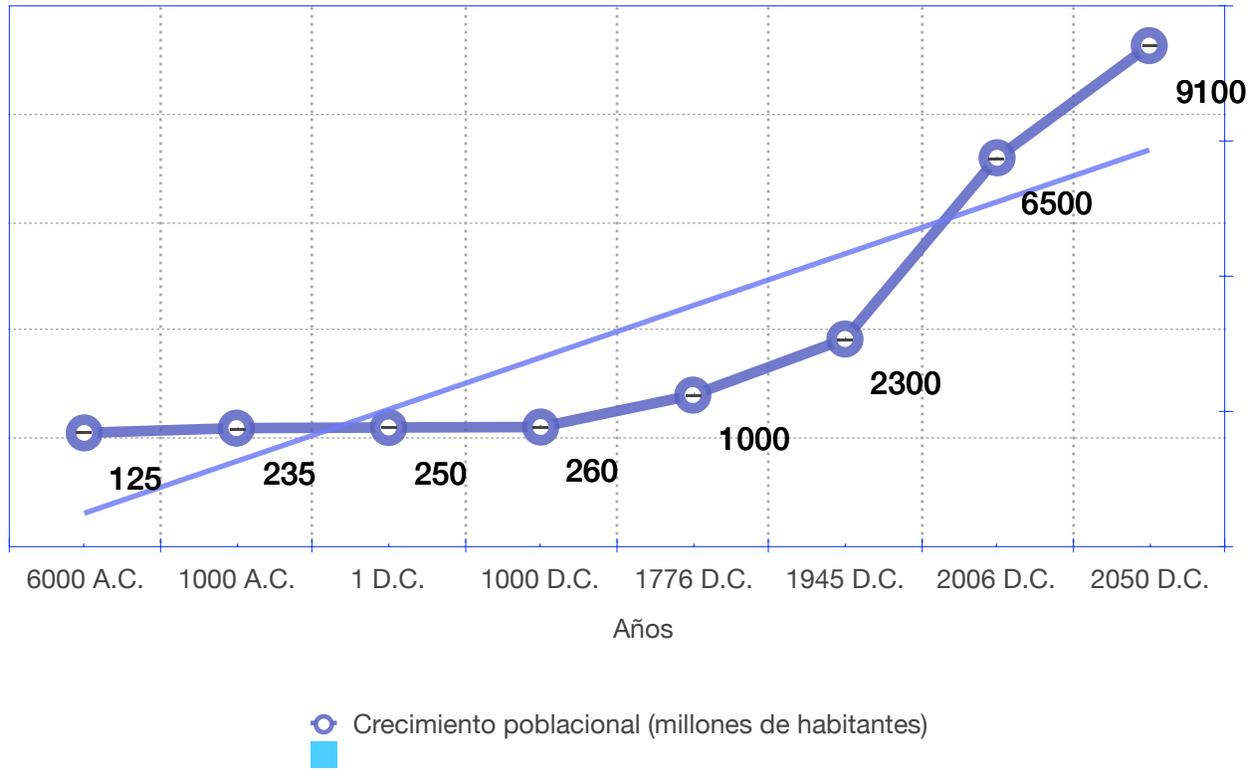
enfermedades, divertirse, pasear, y desde luego, tener derecho a la procreación de sus hijos, entre muchos otros.¹³⁹

El ritmo de crecimiento de la población mundial, medido solamente en términos de seres vivos en un determinado momento, es alarmante. Sumar más de 3 mil millones de personas en cuarenta años es un crecimiento que, en términos simples, se puede denominar explosivo. Pero eso no es todo, a éstos números se suman dos características de la población que hacen que ese número signifique mucho más. Por un lado, el aumento en la expectativa de vida, el cual es obviamente una de las causas de que haya más personas cada día, y por otro a la calidad de vida.¹⁴⁰

¹³⁹ Con base en, J.L. Gamband, *El mito del desarrollo sustentable, la verdad no está donde nos dicen que está*, [s.l.e.], Esmashwords Edition, 2012, pp. 65, 66.

¹⁴⁰ Con base en, *Idem*.

Gráfica 5.1 Crecimiento poblacional a través de la historia (millones de habitantes)



Fuente: Elaboración propia con base en, Al Gore, *La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*, Barcelona, Gedisa Editorial, 2007, pp. 216, 217.

Una de las condiciones más importantes, para lograr la estabilidad ambiental en el planeta, es que la tasa de inversión sea superior a la tasa de crecimiento de la población, es decir, que en cada país los recursos destinados para lograr subsanar y reducir el daño ocasionado a los ecosistemas, sea más elevado que el número de personas que cada año se agregan a la población de sus propios países. Ésta teoría indica que la inversión realizada, debe estar al menos en un 10% por encima de la tasa de crecimiento demográfico. Si la tasa interna de inversión no fuera suficiente, es recomendable invitar a participar al capital extranjero para propiciar una transferencia masiva de capitales y lograr las metas del desarrollo.¹⁴¹

Cada habitante del planeta, hoy en día, consume un promedio de doscientas veces más recursos naturales de los que consumía hace sólo cien años. La presión sobre los ecosistemas de la Tierra es muy marcada, y va creciendo día a día. Los recursos naturales comienzan a escasear en algunas regiones, debido a que cualquier requerimiento de parte de un mercado saturado cada vez más demandante, es satisfecho casi instantáneamente. El agua, los minerales, los alimentos, los diferentes combustibles, los árboles y las selvas, y hasta el oxígeno, están todos sometidos a una constante presión de consumo.¹⁴²

Tan sólo los desperdicios provenientes de los empaques ha aumentado 400% en los últimos 20 años, la mayor parte representada por contenedores y envolturas de cartón y plástico. Aunque algunos tipos de contenedores plásticos se reciclan a tasas más altas (tales como botellas plásticas que contienen agua y bebidas gaseosas) alrededor del mundo. La gran mayoría de los plásticos –más del 90%– terminan como desperdicio sólido.¹⁴³

Las toxinas que vienen en los productos de uso diario también plantean significativos riesgos sanitarios, incluso antes de que éstos sean descartados en los basureros. Por ejemplo, se ha demostrado que una gran cantidad de enfermedades (tales como cánceres) son más prevalentes hoy en día debido a toxinas en nuestros cuerpos que provienen no sólo de ingredientes en los alimentos sino también de químicos contenidos en varios productos, tinturas utilizadas en telas y compuestos plásticos de juguetes infantiles, pantallas de computadoras y diversos electrodomésticos, entre otros.¹⁴⁴

A comienzos de los años 90, en la Universidad de British Columbia, Mathis Wackernagel y William Rees desarrollaron el concepto de *Huella Ecológica* HE (Ecological Footprint). La *Huella Ecológica* es un parámetro calculado con base en una serie muy grande de variables, pero que básicamente lo que hace es medir la presión sobre la naturaleza y el ecosistema, de

¹⁴¹ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable, Construcción de un enfoque multidisciplinario*, México, Siglo xxi editores en coedición con la UANL, reimpresión, 2012, p. 29.

¹⁴² Con base en, J.L. Gamband, *op. cit.* p. 6.

¹⁴³ Con base en, Peter Senge, *op. cit.*, p. 19.

¹⁴⁴ Con base en, *Idem.*

países, ciudades, empresas o actividades comerciales, en sí, de todas las actividades realizadas por las personas.¹⁴⁵

El concepto de *Huella Ecológica* es un indicador de gran utilidad que define la cantidad y tipo de consumo y la correspondiente emisión de residuos, en función de la capacidad de carga del planeta y del espacio ambiental disponible. Por lo mismo, es una importante herramienta para conocer los patrones de producción y consumo y su impacto ambiental en los ecosistemas, que transforma la sociedad de la era industrial.¹⁴⁶

La *Huella Ecológica* es una medida del impacto ambiental en un planeta con recursos finitos, ésta se calcula por unidad de superficie necesarias (tanto terrestre como marina) para producir alimentos, construir infraestructura (edificios, carreteras, puentes, etc.) y para absorber los gases que generan las actividades humanas. Todo esto conlleva un entorno de biocapacidad. Con base en esto, se estima que el planeta posee 1.7 hectáreas de biocapacidad para cada uno de los más de siete mil millones de habitantes en el mundo. No obstante, como promedio global, hay 2.8 hectáreas que han sobrepasado la capacidad planetaria en más de 60% en términos de consumo de recursos de todo tipo y producción de residuos.¹⁴⁷

Sin embargo, el cálculo de la *Huella Ecológica* también se debe de calcular en forma específica en función del estilo de vida para cada individuo, esto es, para evitar errores o inexactitudes en su cálculo, en vista de que se genera una desigualdad global en la que algunos países y personas presentan huellas ecológicas muy grandes producidas a costa de otros que no poseen lo indispensable para vivir. Con base en lo anterior, se asocia el concepto de huella ecológica con el de *deuda ambiental*.¹⁴⁸

Así, la primera conclusión para el planeta, es que hasta el año 2010, el ser humano estaba usando recursos naturales en una proporción de 1,5 veces los que la Tierra puede generar. Es decir, que la humanidad consume en conjunto, en un año, los recursos que la Tierra necesita en 18 meses para volverlos a producir o regenerarlos. Y lo peor es que éste número está subiendo constante y rápidamente, y de acuerdo a las proyecciones, llegará un momento en que la capacidad de biogeneración de la Tierra se verá agotada.¹⁴⁹

Se está llegando a un punto en el que el consumo diario de recursos no podrá ser regenerado por el planeta a la misma velocidad con la que se produce éste mismo consumo. La evidencia indica que ésta situación hará crisis en algún momento, haciendo que globalmente se produzca una escasez. El efecto, en primera instancia, será una elevación de los precios hasta

¹⁴⁵ Con base en, J.L. Gamband, *op. cit.*, p. 50.

¹⁴⁶ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable, Construcción de un enfoque multidisciplinario*, México, Siglo xxi editores en coedición con la UANL, Reimpresión, 2012, pp. 151, 152.

¹⁴⁷ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁸ Con base en, *Idem*.

¹⁴⁹ Con base en, *Ibid*, p. 52.

valores que hagan prohibitivo su consumo para grandes masas de población y probablemente cambien los hábitos de consumo. Por lo que, la inexistencia prolongada de un alimento o un mineral, difícilmente podrá ser resuelta sin costo, ya sea económico, social o político. En caso de que se trate de productos básicos, es decir, los más cercanos en la cadena productiva a los recursos naturales, esto generará fuertes tensiones sociales, así como, cadenas de especulación o mercados ocultos, con todo un componente impredecible y probablemente delictivo detrás.¹⁵⁰

De ésta forma, la *Huella Ecológica*, se define como: una herramienta de gestión que mide cuánta naturaleza se posee a nivel global, cuánto de ella se usa y quién realmente la usa, en el estado actual de la tecnología. Es decir, mide el área de tierra y mar biológicamente productivos que un individuo, población o actividad requieren para proveer los recursos que consume y absorber el CO₂ que dicho individuo, población o actividad genera. En éste aspecto, el indicador de la *Huella Ecológica* es mucho más abarcador que otros indicadores de deterioro medioambiental, como puede ser la cantidad de CO₂ en la atmósfera, la evolución de la capa de Ozono en la atmósfera o la temperatura media del planeta. Todos éstos son indicadores que reflejan una realidad. En sí, la *Huella Ecológica* mide la presión que el ser humano, con todas sus actividades, ejerce sobre el planeta ya sea consumiendo sus recursos o contaminando su ambiente.¹⁵¹

Con base en esto último, tan sólo en la economía de los Estados Unidos, se consumen más de 100 mil millones de toneladas de materias primas por año; más del 90% de lo cual, por peso, termina siendo desperdicio de los procesos extractivo y productivo. Eso equivale a más o menos a una tonelada de desperdicios diarios por persona.¹⁵²

Los desperdicios sólidos y líquidos (tales como plásticos y petroquímicos) se dispersan a través del agua subterránea, y los contaminantes atmosféricos (tales como ácidos) pueden viajar cientos de miles de kilómetros antes de terminar en lluvia, suelo y agua. Éstos contaminantes afectan la salud, tanto directamente (han desempeñado un papel significativo en el aumento del asma desde 1960) como indirectamente (al mermar la calidad del agua y de los alimentos).¹⁵³

La “nube parda asiática”, una densa cobija atmosférica compuesta en su mayor parte de partículas industriales, ha causado sólo en la India, más de 500,000 muertes anuales por enfermedades respiratorias.¹⁵⁴

¹⁵⁰ Con base en, *Idem*.

¹⁵¹ Con base en, *Ibid*, pp. 56, 57.

¹⁵² Con base en, Peter Senge, *op. cit.*, p. 20.

¹⁵³ Con base en, *Ibid*. p. 16.

¹⁵⁴ Con base en, *Idem*.

Todo esto, aunado a un crecimiento de la población mundial que ha variado a lo largo de la historia, debido a diversos factores, como guerras, hambrunas y enfermedades, entre otras cosas.

El aumento en la esperanza o expectativa de vida, como ya se ha mencionado, registrado en las últimas décadas, es producto de que las personas vivan muchos más años y, por tanto, consumen muchos más recursos con el objetivo de que sea una duración de vida con una mucho mejor calidad de vida. Con base en lo anterior, la realidad indica que las personas de 60, 70 y hasta 80 años hoy, desarrollan actividades que antes les estaban vedadas por sus condiciones físicas, psicológicas y emocionales. Todo esto conlleva una mayor carga para el planeta, al aumentar el consumo de los recursos naturales.¹⁵⁵

Algo que es imprescindible, es el hecho de actuar sobre la sobrepoblación del planeta, lo cual significa disminuir la tasa de crecimiento de la población mundial, y esto no se contrapone al otro imperativo moral que es el de aumentar el desarrollo y la mejora de las expectativas y condiciones de vida de todos los habitantes de la Tierra.¹⁵⁶

De acuerdo a lo anterior, se podría concluir que el mismo desarrollo podría aportar la solución al consumo masivo de productos con la consiguiente devastación de los hábitats. Esto es lo que establece la teoría de la Transición Demográfica. Ésta teoría establece, que el desarrollo económico viene acompañado de mecanismos automáticos por los cuales la población tiende a reducir tanto la tasa de nacimientos como la tasa de mortalidad, haciendo que las poblaciones, cuando alcanzan un nivel de vida adecuado, tienden a tener una tasa neta de crecimiento poblacional cero o levemente negativa.¹⁵⁷

La teoría divide la evolución de las sociedades en cuatro fases, que van desde la fase uno, presente en sociedades preindustriales, con altas tasas de natalidad y mortalidad que hacen que la cantidad de población se mantenga estable, hasta la fase 4 en la cual se presenta una igualación entre la tasa de natalidad y mortalidad. Cabe señalar que según ésta teoría, no existen países en la actualidad que se encuentren en la fase uno.¹⁵⁸

En la fase 2, luego de cierto desarrollo de la tecnología, alimentación, medicina y alfabetización, la mortalidad baja drásticamente manteniéndose la natalidad alta, lo que hace que la población crezca rápidamente. Éste proceso desemboca en la fase 3, donde la integración de las mujeres en el mercado laboral y en la educación, así como la urbanización y la agricultura sofisticada, hacen que se reduzca la tasa de natalidad y el crecimiento neto de la población baja considerablemente.¹⁵⁹

¹⁵⁵ Con base en, *Ibid*, p. 67.

¹⁵⁶ Con base en, *Idem*.

¹⁵⁷ Con base en, Felipe Pizarro Alcalde, *op. cit.*, p. 129, y J.L. Gamband, *op. cit.*, p. 68.

¹⁵⁸ Con base en, J.L. Gamband, *op. cit.*, pp. 68, 69.

¹⁵⁹ Con base en, *Idem*.

Posteriormente, en la fase 4, ambas tasas casi se igualan (la de natalidad y la de mortalidad) y el crecimiento poblacional es casi nulo, como sucede hoy en los países desarrollados.¹⁶⁰

Sin embargo, ésta teoría pareciera indicar que el desarrollo económico, por sí sólo, desacelerará la tasa de crecimiento de la población y resolverá el problema de la escasez futura de recursos, como un mecanismo auto-regulado y perfecto. No obstante, los países desarrollados, los que ya han alcanzado la fase 4, según lo que se indica en la teoría, involucran un total de aproximadamente mil millones de personas, sobre un total de más de 7 mil millones. Es decir, con base en la teoría del control automático de población, se propiciará, un equilibrio en la población a nivel global, en algún momento del futuro cuando los otros seis mil millones de personas restantes, accedan al desarrollo económico pleno.¹⁶¹

Las proyecciones actuales indican que para el año 2024, se agregarán 1 mil millones de personas más a la población mundial.¹⁶² Cabe señalar, que los últimos mil millones de habitantes se agregaron, entre el año 2000 y el año 2011, esto es, en un período de doce años, mientras que los próximos mil millones, se agregarán en ocho años, lo cual, tal aceleración de la población, tendrá mayores consecuencias e implicaciones sobre los recursos que producen los ecosistemas.¹⁶³

Se puede decir, en cierta forma, que la producción de bienes, está subsidiada por el planeta, el cual no recupera ninguna porción del daño sufrido en el proceso. Es evidente que contemplar la Huella Ecológica dentro del costo, como un insumo más del proceso de producción, significaría sanear la ecuación económica dentro de la Bioeconomía a favor del planeta.¹⁶⁴

La naturaleza realiza diversos procesos para producir los recursos naturales que ofrece en su debido tiempo y también requiere de otros procesos con su debido tiempo también, para absorber y reciclar los desechos producidos por esos mismos recursos naturales. Hoy en día, el ser humano empeña el 99% de sus esfuerzos en producir y sólo el 1% de su trabajo está dedicado a reciclar.¹⁶⁵

Por ejemplo, el ciclo de la vida en la tierra tiene sus propios mecanismos, tan sólo lo que sucede con los árboles, luego de cumplir su ciclo –generando energía a partir del sol a través de la fotosíntesis–, mueren y sus células pasan a formar parte de la calidad de proteínas, vitaminas y demás compuestos del suelo, dando lugar a la posibilidad de alimentar un nuevo

¹⁶⁰ Con base en, *Idem*.

¹⁶¹ Con base en, *Idem*.

¹⁶² Con base en, Martin De Wulf, *Pirámides de Población del Mundo 1950-2100*, Bruselas, 2015, <<http://populationpyramid.net/es/mundo/2002/>>, [s.p.], (13 de enero de 2013).

¹⁶³ Con base en, J.L. Gamband, *op. cit.*, p.70.

¹⁶⁴ Con base en, *Ibid*, pp. 79, 80.

¹⁶⁵ Con base en, *Ibid*, p. 83.

árbol, o quizás un animal. El ecosistema se ocupa de todo, tanto de alimentar el nuevo árbol que crece, como de procesar los desechos del que murió.¹⁶⁶

5.7 Antecedentes del Desarrollo Sustentable

Si bien es cierto que la preocupación global por el medio ambiente comenzó a expresarse desde los años cincuenta, sobre todo al ver las enormes consecuencias de la segunda guerra mundial, una corriente de pensamiento ambientalista, tuvo un inicio sólido a partir de los años sesenta.¹⁶⁷

El Club de Roma nace como organización en el año de 1968 y se conformó, desde un inicio, por un grupo de 35 representantes destacados del mundo de la ciencia, la política y la industria, para revisar cambios significativos que se estaban presentando en el mundo. La aparición de éste grupo en un momento caracterizado por movimientos estructurales en plena guerra fría, permitió atraer la atención internacional hacia las consecuencias de un conjunto de fenómenos demográficos y políticos, así como el deterioro ambiental ocasionado por la industrialización, la urbanización y el consumo.¹⁶⁸

El Club de Roma, a más de cuarenta años de su aparición, cuenta con más de cien especialistas, entre ellos algunos premios Nobel, de más de cincuenta países. Entre los temas globales de interés son: el cambio climático, los desafíos de la globalización y la vulnerabilidad del sistema económico mundial.¹⁶⁹

Uno de los grandes problemas que atañe a la humanidad, según lo señalado por este Club, radica en que la población tiende a crecer geométricamente, mientras que la producción de alimentos lo hace en progresión aritmética, lo que, llevado al conjunto social amplio, generaría severos problemas económicos.¹⁷⁰

El grupo de científicos de éste Club, publicó su obra que ha sido la más emblemática llamada *Los Límites del Crecimiento*, publicada en 1972. Éste informe marcó el inicio de un fuerte movimiento de condena a los principios económicos convencionales, a través de los cuales las actividades humanas se circunscriben únicamente a la producción industrial y a la acumulación del capital, partiendo de la base de que la Tierra se le considera como una fuente inagotable de recursos naturales.¹⁷¹

¹⁶⁶ Con base en, *Idem*.

¹⁶⁷ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* pp. 151, 152.

¹⁶⁸ Con base en, *Idem*.

¹⁶⁹ Con base en, *Idem*.

¹⁷⁰ Con base en, *Ibid.* p. 72.

¹⁷¹ Con base en, *Idem*.

Éste estudio colocó en el centro de la cuestión el tema del desarrollo, como un hecho incontrovertible por encima de cualquier otra cuestión para la humanidad, es decir, la sobre-explotación del planeta se tenía que llevar a cabo para alcanzar el progreso para la humanidad, según la ideología capitalista, como si esto fuera lo indicado. Así mismo, ponía de relieve el error de que la escasez de recursos materiales podía ser sustituida con los recursos del capital y el trabajo, lo que alentó a los grandes inversionistas en el periodo de la posguerra.¹⁷²

Las principales conclusiones de éste estudio, sobre los límites del crecimiento, fueron si la población seguía creciendo al mismo ritmo junto con la industrialización, y si la degradación de los recursos naturales continuaran aumentando, los límites de crecimiento serían alcanzados en alrededor de cien años. Por otro lado, se señala también, que las tendencias podrían modificarse, por lo que el equilibrio global debía ser planificado de acuerdo con las necesidades materiales básicas de cada ser humano y garantizando a cada persona iguales oportunidades y condiciones para desarrollar su potencial. Por lo que a partir de este trabajo, ha quedado claro que los “límites de crecimiento no pueden ser reemplazados por un crecimiento de los límites” y que estos si bien dinámicos y sin poderse determinar con seguridad, son reales y serán alcanzados en un cierto momento, lo que es difícil saber es cuando acontecerá.¹⁷³

Sin embargo, en la publicación de los *Límites del Crecimiento* no se hace mención alguna al problema de consumo y aborda la adquisición material como una simple función del incremento demográfico y del proceso de industrialización. Tampoco discute el papel central que ciertas características de la modernidad, como la televisión, los medios, la moda, la publicidad, etc., tienen como base el fomentar los deseos del consumo; tales asuntos sí analizaban otros especialistas de la época, quienes denunciaban el consumismo de las sociedades modernas, y además criticaban al modelo de crecimiento económico, como una de las causas de la degradación ambiental.¹⁷⁴

En 1992 se publicó una versión actualizada de la obra *Los Límites del Crecimiento* donde el plazo para una catástrofe global, se ajustó al año 2050. En el primer informe, el colapso ocurre como resultado del agotamiento de recursos naturales, en especial de los alimentos; en el segundo estudio, el colapso se presentaría como consecuencia de la contaminación por la excesiva industrialización ocurrida debido a la mayor disponibilidad de recursos económicos. Sin embargo, puede decirse, que el segundo estudio es aún más pesimista que el primero, toda vez que se señala que los límites ya se han traspasado y que el tipo de desarrollo actual es insostenible, por lo que se apoya la propuesta del *Informe Brundtland* (el cual se tocará más adelante).¹⁷⁵

¹⁷² Con base en, *Ibid*, p. 73.

¹⁷³ Con base en, *Ibid*, pp. 73, 74.

¹⁷⁴ Con base en, *Ibid*, p. 74.

¹⁷⁵ Con base en, *Idem*.

Después del primer informe del Club de Roma sobre los *Límites del Crecimiento*, hubo un segundo titulado *La humanidad en la encrucijada*. Éste estuvo a cargo de un grupo multidisciplinario de expertos, en el que se modifica la concepción de sistema global homogéneo (con respecto al primer estudio de los *Límites de Crecimiento*) para concebir al mundo como un todo interrelacionado.¹⁷⁶

Ésta concepción, permitía proporcionar una salida a la propuesta de impulsar un crecimiento de tipo orgánico (con un enfoque ambiental), en vez de un crecimiento no diferenciado, es decir, en el que el crecimiento de unos cuantos era a costa del *no crecimiento* de otros. En éste estudio, no se apoyaba una de las conclusiones del primer informe, la de frenar totalmente el crecimiento, porque eso sólo sería factible si el mundo fuera uniforme, por lo que se requería de una estrategia global basada en un crecimiento equilibrado y diferenciado y una urgente necesidad de cooperación global. De ésta forma surgió, El tercer informe del Club de Roma al cual se le denominó, por lo mismo, *Reestructuración del orden internacional*, coordinado por el economista y premio Nobel Jan Tinbergen, en el año de 1976.¹⁷⁷

En éste trabajo se puso de manifiesto y se insistió en la necesidad de reducir las desigualdades existentes y en la redistribución de las oportunidades globales, así como, en establecer un orden que disminuya la distancia entre ricos y pobres. Para ello se proponía el desarrollo pero con una orientación hacia el bienestar de todos, a través de cinco estrategias: la satisfacción de las necesidades, la erradicación de la pobreza, el desarrollo autónomo, el ejercicio del poder público y el eco-desarrollo equilibrado, éste último a partir de un sistema de planificación mundial de los recursos.¹⁷⁸

Los tres informes del Club de Roma, desempeñaron un importante papel al poner en evidencia la crisis de la idea de progreso, al cuestionar el concepto de desarrollo entendido como crecimiento, así como, presentar una postura crítica respecto a las posibilidades que verdaderamente ofrecen la ciencia y la tecnología.

Lo que se resalta de los estudios ya citados, es que recurrir a soluciones tecnológicas no garantiza la consecución de una sociedad ecológica. El centrar toda la atención en la tecnología, como solución última de todos los problemas, puede distraer la atención del problema central e impedir que se emprenda una acción efectiva para resolverlo; de hecho, sólo se puede encontrar una solución considerando al sistema global como un todo, partiendo de la base de que la humanidad se enfrenta a cuestiones que son predominantemente políticas y no técnicas.¹⁷⁹

¹⁷⁶ Con base en, *Idem*.

¹⁷⁷ Con base en, *Idem*.

¹⁷⁸ Con base en, *Ibid*, pp. 74, 75.

¹⁷⁹ Con base en, *Ibid*, p. 75.

La intensa discusión ocurrida en la primera mitad de los años setenta, sobre los límites del crecimiento, ha devenido junto con el proceso de globalización neoliberal de la sociedad de consumo actual, y aunado a un crecimiento sin límites y sin equidad, pese a las cada vez mayores evidencias de la decadencia de los ecosistemas y de la muy marcada pobreza latente en grandes extensiones del mundo.¹⁸⁰

En la obra: *Our Synthetic Environment*, de *Murray Bookchin*, publicada en 1962, que constituye una temprana denuncia sobre la crisis ambiental, denuncia al capitalismo de su tiempo. Ese libro ha sido trascendental, porque fue el inicio de muchas otras obras de naturaleza ecología social. Ya para 1965, *Bookchin* afirmaba que una sociedad anarquista era una precondition para la práctica de los principios ecológicos.¹⁸¹

Otros estudios aportaron importantes cuestiones para el surgimiento del pensamiento ambientalista, como por ejemplo, la obra de *Barry Commoner*, quien desde 1963 había lanzado serias advertencias sobre los problemas ocasionados por el tipo de desarrollo científico y tecnológico y sus riesgos, derivando también en profundas implicaciones morales. Su libro *The Closing Circle*, publicado en 1971, aborda los impactos de la industrialización tanto en el medio natural como en los seres humanos.¹⁸²

También sobresale otro estudio importante, *Una sola tierra: el cuidado y conservación de un pequeño planeta*, libro escrito como documento base para la Cumbre de Estocolmo, por la economista británica Bárbara Wards y el biólogo franco-americano René Dubos en 1972.¹⁸³

Con base en los estudios ya citados, se sentaron las bases para construir el concepto de eco-desarrollo, el cual pretendía superar el antagonismo entre la economía y la ecología, que se manifiesta en la escasa integración de la dimensión ambiental –en las políticas y propuestas para el desarrollo–, pero proporciona un especial énfasis en los grandes sectores de la población desposeída y excluida de lo que eran los supuestos beneficios del desarrollo.¹⁸⁴

Las características sobresalientes de considerar la propuesta del eco-desarrollo, como una solución importante a los problemas del medio ambiente, consistieron en lo siguiente:¹⁸⁵

1. El esfuerzo debe centrarse en el aprovechamiento de los recursos específicos de cada ecorregión para satisfacer las necesidades de su población;

¹⁸⁰ Con base en, *Idem*.

¹⁸¹ Con base en, *Ibid*, p. 76.

¹⁸² Con base en, *Idem*.

¹⁸³ Con base en, *Idem*.

¹⁸⁴ Con base en, *Idem*.

¹⁸⁵ Con base en, *Ibid*, pp. 80, 81.

2. El eco-desarrollo debe contribuir ante todo a la realización de la comunidad, su recurso más valioso;
3. La identificación, la explotación y la gestión de los recursos debe basarse en una perspectiva de solidaridad sincrónica y diacrónica¹⁸⁶ con las generaciones humanas;
4. Los impactos negativos de las actividades humanas sobre el ambiente, se reducirían a partir de procedimientos y formas de organización de la producción que permitan aprovechar todas las complementariedades y utilizar los residuos con fines productivos;
5. El eco-desarrollo implica un estilo tecnológico particular para la producción de alimentos, vivienda y energía, así como para crear nuevas formas de industrialización de los recursos renovables;
6. El marco institucional para el eco-desarrollo está definido por tres principios básicos:
 - a) Una autoridad horizontal que pueda estar encima de los particularismos sectoriales, responsable de las diversas facetas del eco-desarrollo y coordinadora de todas las acciones emprendidas;
 - b) Una autoridad que promueva la participación efectiva de las poblaciones, a las que atañe la realización de las estrategias de eco-desarrollo;
 - c) Una autoridad que asegure que los resultados del eco-desarrollo no se vean comprometidas en beneficio de los intermediarios;
7. La educación es una condición necesaria para el establecimiento de estructuras participativas de planificación y de gestión, en virtud de que prepara a la población para ello.

¹⁸⁶ La palabra sincrónica significa un proceso que se desarrolla en perfecta correspondencia temporal con otro proceso o causa y la palabra diacrónica significa un proceso que ocurre a lo largo del tiempo en contra posición a lo sincrónico, con base en, Asociación de Academias de la Lengua Española, *Diccionario de la Real Academia Española*, México, 2014, 23ª Ed., < <http://dle.rae.es/?id=DdiPwpM>>, [s. p.].

Al proponer un enfoque de eco-desarrollo, se destaca el carácter sistémico de la crisis ambiental global. Se manifiesta también, abiertamente la relación entre la pobreza, el crecimiento demográfico y el deterioro ecológico. Además, se reconoce que estos problemas son el resultado de los modelos de desarrollo y los estilos de vida llevados prioritariamente por el mundo occidental, donde las desigualdades no son consecuencia de determinadas condiciones geográficas y sociales, sino de las formas de explotación neocolonial. Así mismo, se admite que la relación desarrollo-subdesarrollo, es estructural y mutuamente dependiente.¹⁸⁷

El eco-desarrollo, propone entonces una modalidad de desarrollo distinta que debe construirse con base en las necesidades y características locales, tanto ecológicas como socioculturales. Ésta concepción desarrollada teóricamente, promueve que las comunidades se organicen en función del uso racional de sus respectivos ecosistemas, lo que supone además basar el desarrollo en el esfuerzo propio y la recuperación de los valores tradicionales, asumiendo como elemento básico la autogestión.¹⁸⁸

Se ha establecido desde entonces que uno de los graves problemas, es la mala distribución y no la escasez, la que subyace en la raíz del problema. El subconsumo y el hiperconsumo, el subdesarrollo y el hiperdesarrollo son dos lados opuestos del mismo problema. Es un juego suma cero, en el que unos pocos ganan y muchos pierden. Desde entonces se han impulsado temas sobre la discusión acerca de los estilos de vida y los patrones de desarrollo alternativo, como parte de la estrategia para el cuidado del medio ambiente.¹⁸⁹

En la publicación, *El desarrollo sustentable: transformación productiva con equidad, producida por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL)*, también constituyó un giro importante al pronunciarse frente a la creciente preocupación sobre el medio ambiente en los análisis sobre el desarrollo económico. En éste estudio se hizo hincapié sobre el cuidado del medio ambiente, y se buscó una articulación con equidad, entre la población y la pobreza. En las propuestas, se planteó la necesidad de compatibilizar la transformación productiva con equidad con la conservación del medio ambiente físico. En las cuales se concibe a éste, como capital natural, con lo cual se asume la participación de los recursos y servicios ambientales en la economía, lo que conduce a la conservación del desarrollo sustentable junto con un equilibrio dinámico entre todas las formas de capital que participen en tal esfuerzo.¹⁹⁰

Se reconoce también que los programas de ajuste estructural de las principales economías no han contemplado aspectos ambientales, y que las políticas de estabilización han enfatizado el

¹⁸⁷ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* p. 81.

¹⁸⁸ Con base en, *Ibid.*, p. 82.

¹⁸⁹ Con base en, *Ibid.*, p. 83.

¹⁹⁰ Con base en, Comisión para América Latina y el Caribe, (CEPAL), *El Desarrollo Sustentable: transformación productiva con equidad*, citado en Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.*, pp. 110, 111.

corto plazo sin tomar en cuenta los ecosistemas. Aunado a lo anterior, se mantiene una confianza excesiva en la tecnología, al admitir que ésta puede contribuir en forma decisiva a erradicar la pobreza, facilitando con ello la acumulación de capital natural, mediante tecnologías *limpias* y *eficientes* que faciliten el acceso al mercado internacional y mejoren la competitividad.¹⁹¹

En lo que respecta al proceso de construcción de conocimiento sobre la crisis ambiental –que tiene fundamento, tanto en la teoría del desarrollo como de las actividades de los movimientos ambientalistas– se amplió progresivamente al ámbito internacional de las instituciones. Así, en 1972 con la Conferencia de Estocolmo promovida por las Naciones Unidas, se reconoce que el desarrollo económico requiere de una dimensión ambiental y se propone el concepto de eco-desarrollo como una alternativa para impulsar el desarrollo de las regiones, pero en un marco ambiental en consonancia con la disponibilidad de los recursos locales y las pautas culturales.¹⁹²

Para el año de 1980, la Unión Mundial de la Naturaleza, en su *Estrategia mundial de la conservación*, estableció que el desarrollo en su relación con la naturaleza debía partir de la modificación de la biósfera y la aplicación de los recursos humanos y financieros, para la satisfacción de las necesidades humanas y el mejoramiento de la calidad de vida. Con ello, se ponía al ser humano en el centro de la atención tanto del desarrollo como de la preocupación ambientalista.¹⁹³

En vista de lo anterior, se ubican al crecimiento económico, la equidad social y la protección del medio ambiente dentro de un marco de inestabilidad, en el que todavía no se encuentra una solución que satisfaga los gustos de todos los sectores. De éste modo, el desarrollo sustentable ha constituido un nuevo manifiesto político, se ha elevado como una poderosa proclama dirigida a ciudadanos, organizaciones civiles y gobiernos, para impulsar acciones, principios éticos y nuevas instituciones orientadas hacia un objetivo común: la sustentabilidad.¹⁹⁴

De ésta forma, se ponen las bases para construir el concepto de sustentabilidad, el cual denota un compromiso efectivo de contribuir a la conformación de una nueva etapa en la sociedad, basada en el conocimiento, que armonice la vida de los seres humanos consigo mismo y entre sí, que promueve el desarrollo socioeconómico con equidad y practique una actitud respetuosa del medio ambiente para conservar en el largo plazo la vitalidad y diversidad de nuestro planeta. Esto constituye un poderoso mensaje para el diseño de políticas públicas tomando en cuenta el concepto de desarrollo sustentable que se fundamente en una relación

¹⁹¹ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* pp. 110, 111.

¹⁹² Con base en, *Ibid.*, p. 120.

¹⁹³ Con base en, *Idem.*

¹⁹⁴ Con base en, *Ibid.*, p. 121.

entre sistemas (naturales y sociales), dinámica de procesos (energía, materia e información) y escalas de valores.¹⁹⁵

5.8 El desarrollo sustentable como fundamento para un desarrollo con equidad

Deberán existir planes de acción hacia un tipo de desarrollo donde se plasmen paralelamente los sistemas económicos y el medio ambiente, de manera que la producción realizada por las industrias, asegure la reproducción del medio natural, constituyendo así, una relación mutuamente complementaria.¹⁹⁶

Desde ésta perspectiva, el desarrollo sustentable emerge como una propuesta conceptual holística que articula al menos cinco dimensiones: la ecológica, la social, la política, la cultural y la económica, todo ello en su conjunto, converge en un intenso esfuerzo por construir una visión integral sobre los problemas, con un enfoque más dinámico sobre cómo pensar en el desarrollo, sin dañar el entorno natural.¹⁹⁷

Con base en ésta propuesta conceptual holística, gravitan el propósito de construir un nuevo orden mundial con base en un proyecto político, social y cultural más influyente y extensivo que potencie el bienestar colectivo y la estabilidad de la biósfera, centrándose así, en el desarrollo sustentable.

Lo anterior, constituye el principal desafío para cimentar las bases para un cambio radical de rumbo con respecto al orden económico y social que ha imperado en las teorías del desarrollo, en vista de que la cultura contemporánea dominante y su modelo de desarrollo implícito ha provocado no sólo una mayor pobreza y desigualdad social, sino una crisis ambiental sin precedente alguno. De ésta forma, la crisis social y económica está íntimamente articulada a la crisis ecológica y tal vinculación será cada vez más evidente en tanto avanzan los procesos de deterioro.¹⁹⁸

A continuación se presentan tres ejes analíticos en los cuales converge el desarrollo sustentable:

¹⁹⁵ Con base en *Idem*.

¹⁹⁶ Con base en, *Ibid*, p. 123.

¹⁹⁷ Con base en, *Idem*.

¹⁹⁸ Con base en, *Idem*.

5.8.1 Tres Ejes analíticos del desarrollo sustentable:¹⁹⁹

Para el logro de un sistema armonioso, que tome en cuenta las necesidades de las generaciones futuras, se proponen los siguientes ejes dentro de un marco de desarrollo sustentable:

1. Un desarrollo que tome en cuenta la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes.

Éste eje se basa en un enfoque intrageneracional, el cual se refiere a que la reducción de la exclusión social no puede hacerse sin recurrir al crecimiento económico y simultáneamente a la concreción de políticas demográficas y de distribución progresiva del ingreso y equidad social. Dado que las fuerzas del mercado son incapaces para realizar dichos ajustes, se requiere de la dimensión política para crear nuevas instituciones junto con cambios culturales que reorganicen la vida cotidiana y la reproducción social. De ésta forma el patrón demográfico, la equidad social, y la voluntad política concertada hacia la acción y hacia una nueva cultura de la sociedad en general, constituyen los contenidos fundamentales de este eje analítico:

- a) El Patrón Demográfico

Es común observar una crítica falta de alimentos en muchas regiones del mundo sin una posible solución en el mediano plazo, aunado a ello también se vislumbra una aguda crisis global que se avecina por el crecimiento exponencial de la demanda de alimentos por parte de países como China, por ejemplo, que progresivamente se están incorporando a la sociedad de consumo capitalista.

Las políticas públicas de la mayoría de los países ricos, han privilegiado la cultura de exportación durante los últimos decenios, en cambio los agricultores de los países pobres sufren la falta de capacitación y de inversiones públicas, y la autosuficiencia alimentaria, no figura dentro de los objetivos primordiales del milenio en esos países donde la pobreza está latente.

¹⁹⁹ Con base en, *Ibid*, pp. 125-132.

El Club de Roma, admitía una tendencia muy marcada del crecimiento exponencial de la población en relación a los recursos en cantidades finitas y presentaba la conclusión de una inevitable crisis demográfica –un aumento muy marcado de la mortalidad– por la falta de recursos alimentarios o por el exceso de la contaminación.

Por lo que un control (relativo) de la contaminación y de los rendimientos agrícolas será insuficiente para evitar una crisis mayor. Por lo tanto será necesario, en todo caso, estabilizar la tasa de natalidad, mediante introducir una regulación voluntaria de nacimientos para alcanzar una gradual estabilización a partir de los años venideros.

b) La equidad social

La solidaridad intrageneracional constituye otro de los pilares del desarrollo sustentable. Para ello es importante redefinir políticas y metas a fin de lograr una distribución progresiva del ingreso, que reduzca la desigualdad social de la población, así como progresivamente cerrar la brecha entre los países desarrollados y los países en desarrollo. Ninguna política demográfica, ni desarrollo tecnológico alguno podrán contener la crisis mundial que se avecina, sin una más justa distribución de los beneficios económicos y los bienes del planeta. El índice de desarrollo humano, constituye una primera plataforma colectiva a escala mundial de concertación de políticas en ese sentido.

c) Voluntad política

La reforma política es una condición necesaria para el desarrollo sustentable, a fin de transformar el funcionamiento de los factores estructurales que determinan la desigualdad social, la destrucción ambiental y la ausencia de decisiones políticas integrales. La estructura gubernamental actual, de la mayoría de los países, no tiene capacidad alguna de ejecutar políticas de sustentabilidad, de acuerdo con objetivos y esfuerzos en función de diferentes principios valores y escalas.

El enfoque sectorial, prevaleciente en las políticas públicas, atiende las áreas tradicionales de actuación y no asume responsabilidades en cuanto al medio ambiente. Así, la política de la sustentabilidad continúa recayendo en el sector medio ambiente y recursos naturales, lo cual impide influir efectivamente, en la política social y, sobre todo, en política económica y energética. Se requieren nuevas instituciones (gubernamentales y normativas) y nuevas políticas que no minimicen ni oculten los daños ecológicos ocasionados por la actividad económica y las decisiones administrativas, y estén en condiciones de cambiar a fondo los criterios de gestión y los patrones de comportamiento, que los originan.

Por lo que se busca que, en la reforma requerida, se involucre no sólo a las dependencias gubernamentales, sino también a las empresas y corporaciones y con ello se pretende:

- a. Responsabilidad de funcionarios y ejecutivos para asegurar la viabilidad de la compañía;
- b. Transparencia, de manera que sus operaciones sean visibles y sus decisiones puedan estar bajo escrutinio público;
- c. Comunidad, en relación con las obligaciones y compromisos de la compañía con la comunidad aledaña;
- d. Honestidad en la presentación comercial de los productos y manejo de transacciones;
- e. Decencia en el trato a los trabajadores, incluyendo la participación de estos en la toma de decisiones;
- f. Sustentabilidad en las actitudes y prácticas hacia el ambiente, así como para reducir los impactos negativos en el mismo;
- g. Diversidad en el balance y equidad en el manejo de todas las relaciones;

- h. Humanidad, expresada en el respeto a los derechos de los trabajadores y ciudadanos en todas las sucursales de la empresa en el mundo y con sus socios locales.

Lo que se pretende también, con la reforma institucional es modificar sustantivamente la cooperación internacional y la gobernabilidad mundial. Por lo que será necesario la creación de un organismo internacional que lleve a cabo la política ambiental global.

Por lo que se requiere avanzar cimentando las bases para la paz mundial y la noción integral de seguridad, toda vez que la situación imperante bajo la lógica de los intereses económicos y geopolíticos, en los que subyacen la lucha por la posesión de regiones con reservas de recursos naturales (combustibles fósiles, agua, minerales, etc.), no ha funcionado, como tampoco ha funcionado el hecho de que la lucha por la supervivencia, generada por la inequidad global (migración, refugiados, violencia, etc.) y la aparición de la delincuencia organizada global (tráfico de narcóticos, armamento y personas e impunidad de abusos, invasiones y restricciones ilegítimas), conlleva a la aparición de nuevos brotes de inestabilidad.

d) Una nueva cultura civilizatoria

Para cimentar una cultura con base en el medio ambiente, será vital la redefinición de valores, prioridades, y opciones sustanciales que coloquen lo material en su justa dimensión para que el ser humano se realice plenamente y en armonía con su entorno natural y con la comunidad a la que pertenece.

De ésta manera, una buena sociedad no se moldea sólo con buenos principios sino con acciones que dignifiquen a sus habitantes, como son un salario justo, libertad, democracia, salud, educación y vivienda para todos, respeto a la vida, etc.

2. Un desarrollo respetuoso del medio ambiente

El deterioro ambiental de las actividades humanas no es un fenómeno homogéneo, sino que es bastante distinto en función de los estilos de desarrollo, el modo de vida y las condiciones del entorno. La desigualdad mundial prevaleciente, si bien genera impactos acumulativos en detrimento del ambiente y de la sociedad, produce también manifestaciones que afectan la calidad de vida de la población.

En otras palabras, las sociedades humanas padecen de manera directa las consecuencias de su comportamiento hacia el medio ambiente, relacionado con su capacidad económica de mitigación y corrección de los impactos, o por la transferencia de los mayores costos a los sectores de la población menos favorecidos. Esto establece una situación injusta en la distribución de los costos sociales y ecológicos de la actividad humana (extracción de recursos, disposición final de desechos, degradación del entorno, incremento del riesgo, etc.).

Por lo que permanece la interrogante, si se podrán crear las condiciones económicas, culturales, institucionales y políticas necesarias para ajustar a tiempo las bases en las que se sostiene la fase actual del capitalismo, en función de los imperativos de la conservación ecológica y la equidad social. Ese es el reto de la propuesta del desarrollo sustentable.

3. Un desarrollo que no sacrifique los derechos de las generaciones futuras.

Si bien es cierto, que es sumamente difícil cualquier intento de definir cuáles podrán ser las necesidades básicas que las generaciones futuras deberán satisfacer y cómo lo harán, la justicia intergeneracional establece que esto es una condición ligada tanto a la equidad social como a la conservación del medio ambiente para las generaciones presentes.

De ésta manera, mantener a largo plazo la integridad del ecosistema del planeta es también un requisito de la sustentabilidad de las generaciones presentes. En vista de que el potencial de existencia de recursos naturales en el futuro, se crea en el presente y apela a la razón y al sentido de justicia, en la cual se propone maximizar la utilidad correspondiente a la población menos favorecida.

Esto significa que la pobreza no puede aumentar en los años venideros, ya que los pobres no pueden ser más pobres en el futuro, para no ocasionar más daños a los ecosistemas; y los sectores y países ricos deben necesariamente reducir hoy sus niveles de vida a fin de que sus consumos actuales no empeñen el presente y el futuro del planeta.

De éste modo el desarrollo sustentable apela a la necesidad de una intervención tanto del Estado como de la sociedad y sus organizaciones. Es decir, un Estado promotor y una sociedad comprometida, ambos tomando como eje la sustentabilidad, con base en premisas fundamentales, dentro de las cuales se destacan las siguientes:

- a) Impulsar el crecimiento y la distribución equitativa del ingreso teniendo como centro la movilización de la sociedad con iniciativas, proyectos y actitudes orientadas al cuidado de la vida en la Tierra;
- b) Crear nuevas instituciones y normas que garanticen los derechos colectivos y que coloquen al medio ambiente de manera transversal en la regulación de la sociedad;
- c) Impulsar un sistema productivo basado en tecnologías que no degraden el ambiente biofísico, ni agoten irracionalmente los recursos naturales;
- d) Fomentar un comercio internacional que no sea antagónico con el desarrollo sustentable.

5.9 Eco-eficiencia

Éste concepto implica el hecho de lograr una eficiencia económica a través de una eficiencia ecológica. La eco-eficiencia es una visión que ha incursionado rápidamente en el ámbito empresarial mundial, y se asume como la herramienta con mayor potencial mediante el cual las empresas pueden transitar hacia esquemas económicos más sustentables. En éste concepto subyace una cultura administrativa para que el empresariado asuma su responsabilidad con la sociedad, así como para hacer más competitivas a las empresas, a través de una innovación productiva que implique mayor responsabilidad ambiental. Además, cuando las industrias logran maximizar la entrada de energía y materiales en los procesos productivos, con el objeto de reducir el consumo de recursos y generación de emisiones contaminantes por unidad de producto generada, se logra contribuir de manera positiva al medio ambiente.²⁰⁰

²⁰⁰ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* pp. 155, 156.

A raíz de lo anterior, el término eco-eficiencia comenzó a cobrar valor a partir de las cumbres mundiales, de las cuáles se hará mención a continuación:

5.9.1 Conferencia en Estocolmo

Debido a la creciente preocupación mundial por el deterioro ambiental, se inició una serie de importantes reuniones internacionales. En 1972, se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Humano, en Estocolmo, Suecia, en cuyo informe titulado *Una sola Tierra*, fueron definidas las estrategias para comenzar a estructurar una política planetaria, revisando tres principios responsables respecto a la situación mundial:²⁰¹

1. La necesidad del conocimiento, la educación y la investigación.
2. El enraizado sentimiento de soberanía de las diferentes naciones del mundo, que dificulta la idea de una comunidad planetaria.
3. La fuerza imperativa de los mercados orientados evidentemente por los principios del paradigma económico.

Uno de los objetivos de la Conferencia de Estocolmo era intentar reducir la brecha entre la visión de las naciones desarrolladas y la de los países en desarrollo.

Como etapa de preparación, previo a la Conferencia de Estocolmo, se celebraron dos reuniones: una que tuvo lugar en la ciudad de Nueva York, del 10 al 20 de marzo de 1970, y la otra en Founex, Suiza, del 04 al 12 de junio de 1971, ésta última del Grupo de Expertos en Desarrollo y Medio Ambiente, en las cuales se identificó al desarrollo y al medio ambiente como “dos caras de la misma moneda”.²⁰²

Antes de Estocolmo se había celebrado la Conferencia sobre la Biósfera en París, Francia en 1968 y que originó el Programa *El hombre y la biósfera* en 1970. En ésta se señaló la importancia de considerar los impactos ambientales de los grandes proyectos de desarrollo como resultado de la industrialización acelerada que tenía lugar, reconociéndose que el deterioro ambiental era un resultado combinado del crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización.²⁰³

²⁰¹ Con base en, *Ibid*, p. 157.

²⁰² Con base en, *Idem*.

²⁰³ Con base en, *Idem*.

La conferencia de Estocolmo marcó un hito mundial creándose el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Se declaró el 05 de junio (día de la inauguración de la conferencia) como Día Mundial del Medio Ambiente; se generaron nuevos estudios sobre el problema ambiental mundial y se abrió paso una creciente toma de conciencia mundial sobre el problema.²⁰⁴

Para lograr la sustentabilidad se deben cumplir ciertos requisitos, como establecer un balance entre las necesidades humanas y la capacidad de carga del planeta, y la obligación moral de mantener esa capacidad para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. En vista de lo anterior, se creó un instrumento que se ha denominado desarrollo sustentable.²⁰⁵

Los resultados de la Conferencia en Estocolmo pusieron de relieve una serie de eventos internacionales sobre los problemas ambientales globales y condujeron a la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), organismo internacional que se ha dedicado a promover mejoras en el medio ambiente.²⁰⁶

5.9.2 El Informe Brundtland

A inicios de los años ochenta la discusión sobre temas ambientales continuó ampliándose, a tal punto que fue necesario efectuar una investigación sobre la gravedad de éste problema, cuya responsabilidad recayó en la Comisión Mundial sobre el desarrollo ambiental.²⁰⁷

Éste informe surgió a raíz de la creación de una comisión especial independiente, por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas, en 1983, para que elaborara un programa global para el cambio climático. Se le encargó a la doctora Gro Harlem Brundtland, defensora del medio ambiente y de los derechos de la mujer, y Primera Ministro de Noruega, que formara y presidiera un grupo de trabajo que se llamaría Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) (World Commission on Environment and Development; WCED, por sus siglas en inglés). Los objetivos básicos del programa solicitado fueron los siguientes:²⁰⁸

1. Proponer estrategias a largo plazo para alcanzar el desarrollo sustentable.

²⁰⁴ Con base en, *Ibid*, p. 158.

²⁰⁵ Víctor Manuel López López, *Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable, Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*, México, Trillas, 2009 (Reimp.), pp. 15, 16.

²⁰⁶ Con base en, Luis Chesney Lawrence, *Desarrollo sustentable y conciencia ambiental*, Whashington, Eco Publicaciones, 2012, p. 6.

²⁰⁷ Con base en, Luis Chesney Lawrence, *op. cit.* pp. 6, 7.

²⁰⁸ Con base en, Erick Assadouriam, *op. cit.* p. 4, y Víctor Manuel López López, *op. cit.* pp. 19, 20.

2. Hacer recomendaciones para una mayor cooperación entre los países con diferentes niveles de desarrollo para aspirar a propósitos comunes que consideraran la interrelación entre los hombres, los recursos naturales, el medio ambiente y el desarrollo.
3. Analizar las vías mediante las que la comunidad internacional pudiera tratar con mayor frecuencia los problemas relacionados con el medio ambiente.
4. Definir un programa de acción que incluyera objetivos y propuestas de solución a los problemas relacionados con la protección y mejoramiento del medio ambiente mundial.

Para el año de 1987 se publicó el informe correspondiente, al cual se le llamó *Nuestro Futuro Común*, mejor conocido como el *Informe Brundtland*. El fundamento de éste informe es que se debe propiciar el desarrollo de las naciones bajo un enfoque sustentable, es decir, propiciar que se satisfagan las necesidades de cada individuo en el presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer también sus propias necesidades.²⁰⁹

Éste enfoque comprende dos componentes fundamentales:²¹⁰

1. El de las necesidades, particularmente las esenciales de los pobres, a los que deberían otorgar prioridad.
2. La implicación de las limitaciones que imponen los recursos del medio ambiente, el estado actual de la tecnología y de la organización social, y la capacidad de la biósfera para absorber los efectos adversarios de las actividades humanas.

Aunado a lo anterior, el desarrollo sustentable se deberá considerar como un proceso de cambio continuo, en lugar de un estado de armonía fijo, en el cual la utilización de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones, concuerdan con el potencial actual y futuro de las necesidades humanas.

²⁰⁹ Con base en, Erick Assadouriam, *op. cit.*, p. 5 y Víctor Manuel López López, *op.cit.* p. 20.

²¹⁰ Con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.* p. 20.

Las estrategias urgentes que dan soporte para la sustentabilidad responden a objetivos básicos, como los siguientes:²¹¹

1. Revitalizar el crecimiento.
2. Cambiar la calidad del crecimiento.
3. Satisfacer las necesidades esenciales de trabajo, alimentos, energía, agua, higiene.
4. Asegurar un nivel de población sustentable.
5. Conservar y acrecentar la base de los recursos.
6. Reorientar la tecnología y controlar los riesgos.
7. Integrar la economía y el medio ambiente a las decisiones.

Además del Informe Brundtland, en 1989 se publicó la estrategia mundial para la conservación de los próximos años, titulada *Cuidar la tierra. Estrategia para el Futuro de la Vida*, la cual daba continuidad a los mismos estudios que la precedieron. Éste documento invita a los gobiernos y a la comunidad internacional a trabajar en torno al desarrollo sustentable definiendo problemas, prioridades, metas comunes y acciones básicas para transitar en pro del desarrollo sustentable.²¹²

En sí, éste llamado define una serie de principios para una sociedad sustentable, a saber: respetar y cuidar la comunidad de los seres vivientes; toda la vida sobre la Tierra forma parte de un gran sistema interdependiente; mejorar la calidad de la vida humana; conservar la vitalidad y diversidad de la Tierra; conservar los sistemas sustentadores de vida; conservar la biodiversidad; reducir al mínimo el agotamiento de los recursos no renovables, mantenerse dentro de la capacidad de carga de la Tierra; modificar las actitudes y prácticas personales; facultar a las comunidades para que cuiden de su propio medio ambiente, proporcionar un marco nacional para la integración del desarrollo y la conservación y forjar una alianza mundial. Éstos fueron los principios que después constituyeron la base de lo que hoy se conoce como *La Carta de la Tierra*, que a continuación se describe:²¹³

²¹¹ Con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.* pp. 19, 20 y con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* p. 162.

²¹² Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* pp. 162, 163.

²¹³ Con base en, *Idem.*

5.9.3 La cumbre de la Tierra en Río de Janeiro ²¹⁴

Después de dos décadas, de la Conferencia de Estocolmo, el tema ambiental ocupó un lugar preponderante en la agenda internacional, por lo que se convocó a una cumbre mundial en Brasil en 1992, dedicada a examinar justamente éstas nuevas realidades y relaciones del desarrollo de las economías de los países con el ambiente.

Se tomaron como base las relaciones, ambiente - desarrollo en las cuales aparecen tres formas que sustentan ésta relación:

1. La primera y más relevante es la que relaciona la pobreza con la presión demográfica y desarrollo.

Ésta prerrogativa establece que el desarrollar el potencial económico de los países pobres es un prerequisite de primer orden para luchar contra la pobreza, especialmente en el campo de la mujer a quien mayor afecta la pobreza y desde luego también, a sus hijos.

2. La segunda, es la que conforman los diferentes esquemas de crecimiento, patrones de consumo y sus efectos sobre el ambiente.

Ésta característica se refiere a los patrones de crecimiento, consumo y deterioro ambiental, y es que entre las décadas de 1960 y 1990, el producto bruto per cápita en los países desarrollados, tomados en su conjunto, creció de USD \$556 a USD \$980, y en los países menos desarrollados éste ha sido menor un 5% que el de 1970, es decir, que prácticamente se ha estancado.

3. La tercera tiene que ver con la dimensión financiera internacional, es decir, con los problemas de la deuda externa, el deterioro de los términos de intercambio comercial y también de los flujos financieros.

Como ya se mencionó, veinte años después de la Conferencia de Estocolmo sobre el Ambiente Humano, para el mes de junio del año de 1992, se celebró en Río de Janeiro, la Conferencia del Medio Ambiente y del Desarrollo de las Naciones Unidas, conocida como la Cumbre de la Tierra (*Earth Summit*), y cuyo nombre oficial fue Conferencia de las Naciones Unidas de Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD).

²¹⁴ Éste apartado ha sido elaborado con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.* pp. 21-23, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* pp. 163-165 y Luis Chesney Lawrence, *op. cit.* pp. 10-14.

Fue un hito en la historia mundial por el número de jefes de Estado involucrados y por el número de organizaciones que participaron en un Foro Paralelo.

Las circunstancias históricas que antecedieron a ésta cumbre eran propicias, no sólo porque se condensarían los esfuerzos de varios años de negociación en materia de medio ambiente y desarrollo realizados desde Estocolmo, sino por los siguientes hechos: la caída del Muro de Berlín, la desaparición de la Unión Soviética y, consecuentemente, el fin de la guerra fría. Todo esto auguraba un futuro promisorio en relación al desarme y la paz, propiciando un paso a un pensamiento único, donde las ideologías ya no serían necesarias, sólo la economía. Los medios de comunicación hicieron una cobertura sin precedentes.

La *Cumbre de Río* produjo los siguientes documentos: la Agenda 21, la Declaración de Río, la Carta de la Tierra, la Convención sobre Biodiversidad, La Convención sobre Cambio Climático, una Declaración sobre bosques y un Protocolo sobre Desertificación. En lo que respecta a la *Agenda 21*, hubo un acuerdo unánime, en vista de que fue suscrita por la totalidad de las naciones (179), y en lo que atañe a las convenciones no se presentó un acuerdo unánime porque sólo firmaron 154 representantes de los países presentes, que además debían ser ratificadas por cada uno de los congresos respectivos.

En cuanto a La *Agenda 21*, éste programa propició las bases para impulsar un nuevo desarrollo en el mundo, el cual se divide en cuatro secciones:

1. La primera sección se refiere a la dimensión social y económica.
2. La segunda al manejo y conservación de los recursos para el desarrollo sustentable.
3. La tercera a las funciones de los grupos participantes.
4. La cuarta se refiere a todo lo que está implicado en la ejecución de las acciones consideradas.

En éste documento, *La Agenda 21*, se insiste en la importancia de llegar a un acuerdo internacional para alcanzar una economía equitativa, global y sustentable, así como en la creación de una nueva escala de valores y actitudes y estilos de vida, para lo cual, la educación, la capacitación y la concientización pública desempeñan un papel esencial, sobre todo en los grupos principales identificados (mujeres, niños, y jóvenes, sindicatos, organizaciones sociales, comunidades indígenas, empresarios, comunidad científica, campesinos y autoridades locales).

Para lograr todo lo anterior, destacan por su importancia, el financiamiento para el desarrollo, la transferencia de tecnología, la investigación científica apropiada, la educación y la capacitación, la organización social, la legislación y el acceso a la información para la toma de decisiones.

Con el objetivo de mejorar y preservar la calidad del ambiente, se identificaron nueve grupos de problemas que habría que tratar, incluidos en la idea del desarrollo sustentable:

1. Protección de la atmósfera: cambios climáticos, deterioro de la capa de ozono y contaminación transfronteriza.
2. Preservación de los recursos de la tierra: acciones contra la deforestación, la pérdida del suelo y la desertización.
3. Conservación de la biodiversidad.
4. Protección de los recursos de agua dulce.
5. Conservación de los mares y océanos, así como la utilización racional de sus recursos vivos.
6. Manejo ambiental de los desechos biotecnológicos y peligrosos.
7. Prevención del tráfico ilegal de productos y residuos tóxicos.
8. Mejora de la calidad de vida y de la salud humana.
9. Elevación del bienestar y de las condiciones de trabajo de los estratos más pobres de la población.

Cabe señalar, que los temas que se trataron en ésta cumbre, se resumen en la *Declaración de Río de Janeiro*, también llamada *Carta de la Tierra*, la cual consta de 27 principios los cuales tratan fundamentalmente del entorno natural y del desarrollo.

Algo sobresaliente de la Cumbre de Río de Janeiro es que el consenso alcanzado lo hicieron los gobernantes de las naciones, con el apoyo de científicos y expertos; característica que era imprescindible, particularmente en lo referente a los temas ambientales globales.

La urgente necesidad de gestionar esos temas ambientales globales (compartidos por todas las naciones), implica que los países deben trabajar conjuntamente y tratar de entender la diversa y compleja contribución de esfuerzos que requieren para su atención algunos problemas, como el cambio global, efecto invernadero, capa de ozono estratosférico, lluvia ácida y la pérdida de la biodiversidad.

Desde el punto de vista financiero, se estableció el Fondo para el Medio Ambiente con USD \$1,300 millones para financiar proyectos que solucionen problemas ambientales globales. Igualmente en lo político se estableció un Consejo del Medio Ambiente que controle a los países en su cumplimiento de las metas de desarrollo sustentable.

5.9.4 La Cumbre de Johannesburgo²¹⁵

Ha habido avances significativos por solucionar el problema de contaminación mundial a partir del Protocolo de Kyoto en 1997, el cual hace un llamado a las naciones industrializadas para disminuir el efecto de gases de efecto invernadero, a partir del establecimiento de límites a las emisiones de estos gases contaminantes. Todo éste esfuerzo ha sido para tratar de reducir tan sólo un 5% tales emisiones de los niveles que tenían para el año de 1990.

No obstante, a pesar de los esfuerzos por promover un desarrollo sustentable, a partir de 1992, se comenzó una declinación en los propósitos, la cual fue tomada en cuenta por los grupos responsables de llevar a cabo a buen término las propuestas en las sesiones anuales de la Comisión de Desarrollo Sustentable, específicamente en 1997, durante lo que se conoció como Río+5.

En ésta convención Río +5, cinco años después de la Cumbre de Río, se llevó a cabo la firma del Protocolo de Kyoto; y cinco años después de ésta firma, se llevó a cabo una de las reuniones, para el Desarrollo Sustentable, más importantes que ha habido en la historia, la cual fue la Cumbre de la Tierra que se llevó a cabo en Johannesburgo Sudáfrica, del 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002, también llamada Río+10. Ésta reunión se llevó a cabo de acuerdo a los enfoques presentados en el marco de los documentos y experiencias de la Conferencia sobre el Ambiente Humano de Estocolmo y de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro.

²¹⁵ Éste apartado ha sido elaborado con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.* pp. 25-27, Luis Chesney, *op. cit.* pp. 18-20 y Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.* pp. 166-168.

Con base en los antecedentes de las reuniones previas, permitieron a la Cumbre de Johannesburgo, la orientación para disminuir o incluso revertir el deterioro ambiental y de las fuentes de recursos naturales. Tales antecedentes han servido para integrar los factores ambientales, sociales y económicos en los procesos de formulación de políticas y de las decisiones de los gobiernos del mundo.

La Cumbre de Johannesburgo vinculó a la sociedad humana y el ambiente, con temas de interés mundial tales como agua y medidas sanitarias, energía, productividad agrícola, salud y manejo de la biodiversidad y de los ecosistemas.

Dentro de los resultados relevantes de ésta reunión destacan los siguientes:

1. Se reafirmó que el desarrollo sustentable es un elemento central en la agenda internacional.
2. Se amplió y fortaleció el contenido del desarrollo sustentable, particularmente la importante vinculación entre la pobreza, medio ambiente y uso de los recursos naturales.
3. La energía y el saneamiento ambiental fueron temas críticos en las negociaciones, y cobraron mayor importancia que en reuniones internacionales previas sobre sustentabilidad.
4. El papel de la sociedad civil es clave en la instrumentación de los resultados de la cumbre y en la promoción de alianzas.
5. El concepto de alianzas entre los gobiernos, empresarios y la sociedad civil ha recibido un fuerte impulso.

El propósito de la Cumbre de Johannesburgo era evaluar a diez años de la de Río, el comportamiento hacia el desarrollo sustentable, así como el cumplimiento de los compromisos. Los enfoques como el estado que guarda el medio, el cumplimiento de los acuerdos, las instituciones participantes y los medios de ejecución planteados han sido los puntos básicos del debate sobre la sustentabilidad en los últimos años.

Los principales acuerdos de ésta cumbre fueron principalmente los siguientes:

1. Reducir a la mitad, hacia 2015, el número de personas sin recursos sanitarios básicos.
2. Lograr para 2010 una reducción importante de la tasa actual de pérdida de la diversidad biológica.
3. Incrementar sustancialmente la energía renovable (no se alcanzó un acuerdo sobre objetivos ni plazos).
4. Incrementar los vínculos entre comercio, medio ambiente y desarrollo.
5. Retomar el Protocolo de Kyoto sobre Cambio Climático.
6. Producir y utilizar productos químicos para 2020 siguiendo métodos que no tengan efectos negativos importantes sobre la salud humana y el medio ambiente.
7. Restablecer, de modo urgente y de ser posible para 2015, las poblaciones de peces agotadas a niveles que puedan dar la producción máxima sostenible.

En éste sentido, el reto es común a todos: maximizar los beneficios ambientales que se obtienen, a la vez que limita la contaminación.

5.10 Precisiones sobre desarrollo sustentable y sustentabilidad

El concepto de desarrollo sustentable ha cobrado cada vez mayor importancia y tiene mayor amplitud y fuerza de acuerdo al contenido de las siguientes tres reglas básicas para la gestión sustentable de los recursos naturales:²¹⁶

1. Las tasas de utilización de los recursos renovables no deben exceder las tasas de regeneración natural.
2. La emisión de residuos no debe exceder la capacidad de asimilación de los ecosistemas.

²¹⁶ Con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.* pp. 28, 29.

3. Los recursos no renovables deben explotarse de una manera cuasi sustentable, supeditando las tasas de agotamiento a la tasa de creación de sustitutos renovables.

Así que el desarrollo sustentable entraña un proceso que no sólo puede ser prolongado en el tiempo, sino el tipo de desarrollo que se requiere para tratar de alcanzar el estado de sustentabilidad. No se trata de una meta propiamente, sino de un proceso para mantener un balance dinámico entre la demanda de equidad, prosperidad y una mejor calidad de vida.

En lo que respecta a la sustentabilidad, su enfoque está orientado a evitar la extinción, así como a la sobrevivencia de los sistemas para reproducirse y desde el punto de vista de la economía implica evitar interrupciones y colapsos en los sistemas que sustentan la vida, y también significa protección contra inestabilidades y aseguramiento en los ciclos de vida. Cuando se interrelaciona todo lo anterior, a través de un espacio de tiempo y con base en las acciones que la sociedad haya desarrollado en consecuencia, se conocerá si las predicciones y los motivos que condujeron a emprender esas acciones fueron acertadas, o no, desde la interpretación de la sustentabilidad.²¹⁷

El concepto de sustentabilidad tiene un carácter multidisciplinario, y puede enfocarse a diversos objetivos de interés como son: un sistema ecológico, una especie en particular o todas las especies (biodiversidad), el sistema económico, una cultura, un negocio o una industria determinada; pero invariablemente se relacionará el sistema socioeconómico global en el contexto de la vida ecológica. Ésta interrelación entre sistemas y subsistemas a través de escalas de tiempo especiales y temporales, es muy importante ya que genera la inquietud acerca de cuánto tiempo un sistema o subsistema deberá ser sustentable.²¹⁸

5.11 Aplicaciones del desarrollo sustentable

Sin embargo hay que tomar en cuenta que la meta hacia un desarrollo sustentable implica una lucha contra las corrientes de pensamiento que están orientadas en el sistema económico actual, puesto que la mayoría de las industrias y en sí el mercado, no toman en cuenta el aspecto sustentable.

A pesar de lo anterior, hay compañías transnacionales que han utilizado los principios sustentables y en función de sus resultados se hace una labor de convencimiento para que

²¹⁷ Con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.* pp. 29, 30.

²¹⁸ Con base en, *Idem.*

participen más industrias en éste enfoque sustentable, mostrando argumentos de rentabilidad e imagen a favor de las propias empresas.²¹⁹

Hoy en día existe mayor apertura con respecto a desarrollar el concepto de sustentabilidad al interior de las organizaciones y de hecho han comprendido que la responsabilidad medioambiental y el enfoque sustentable tiene sentido también desde el punto de vista de rentabilidad, es decir, tienen resultados que demuestran que la calidad ambiental es compatible con el desarrollo industrial. También las compañías recomiendan a otras, que diseñen o ajusten sus sistemas industriales a objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida de los productos.²²⁰

De ésta forma, se asegura que se logre el éxito en alcanzar tanto la calidad ambiental como la rentabilidad, por lo que a través de la eco-eficiencia es posible dirigirse hacia la sustentabilidad. Si bien es cierto, las compañías reconocen que las iniciativas para mejorar el rendimiento ambiental no producen beneficios económicos inmediatos, y que además estos deberán ser evaluados bajo la misma óptica que las demás inversiones. Puesto que la sustentabilidad otorga beneficios económicos para las empresas, se deberá considerar en sus programas y en una visión a futuro.²²¹

Además es necesario tomar en cuenta dos puntos del concepto de desarrollo sustentable: el primero de ellos se refiere a que cualquier línea de tendencia puede ser analizada cuantitativamente a través de la probabilidad de impacto con respecto a la capacidad de satisfacer las necesidades de las futuras generaciones, y el segundo punto se refiere a que seguir adelante, en ésta misma escala de sobre-explotación y a éste mismo ritmo no permitirá a las futuras generaciones satisfacer sus necesidades de la misma manera que nosotros hoy en día.²²²

5.12 Capacidad de carga del planeta

La capacidad de carga, se refiere a la densidad poblacional en una comunidad que puede establecerse de acuerdo con la capacidad de sustentación o suministro, la cual no sólo depende de la disponibilidad de alimentos sino también de factores como la protección adecuada contra agentes externos como los depredadores y las enfermedades.²²³

²¹⁹ Con base en, *Ibid*, pp. 36, 37.

²²⁰ Con base en, *Idem*.

²²¹ Con base en, *Idem*.

²²² Con base en, Erick Assadouriam, *op. cit.*, p. 5.

²²³ Con base en, Raúl N. Ondarza, *op. cit.* pp. 10, 11.

En vista de que todas las especies, animales o vegetales, tienden a reproducirse más de lo que realmente pueden sobrevivir en el ambiente, existe una fuerte presión poblacional que provoca que tanto animales como vegetales, se dispersen y se establezcan en nuevos territorios. Sin embargo, debido a la competencia entre ellos, la presencia de depredadores, la ausencia de alimentos, los climas adversos y la indisponibilidad de regiones adyacentes, sirven para contrarrestar la presión poblacional y con esto evitar así la dispersión. De ahí que estos factores estén sujetos al cambio en el entorno, por lo que la tendencia a la dispersión o a la permanencia en un mismo lugar, es un fenómeno dinámico, que puede cambiar repentinamente, sobre todo como resultado de las actividades humanas.²²⁴

Finalmente, las especies estarán distribuidas de acuerdo con las barreras geográficas naturales, como los océanos, las montañas, los desiertos y los grandes ríos; pero su distribución se relaciona también con las actividades del hombre, como por ejemplo, la construcción de supercarreteras y grandes presas.

Se proyecta que para el año 2020, el índice de deforestación reducirá el área de bosques tropicales de 10 a 20%, tomando como base el crecimiento de la población, y las demandas de alimentos y el aumento y para el año 2050 se requerirán los recursos equivalentes a dos planetas del tamaño de la Tierra para satisfacer las necesidades de cada individuo.²²⁵

El cambio climático global constituye en sí una crisis ambiental, dado que amenaza la capacidad del planeta para sostener a una civilización industrial a gran escala.²²⁶

Dentro de las dimensiones de ésta crisis está implícito el sostener a una población de más 7,000 millones de personas con base en recursos limitados como son los combustibles fósiles y la biodiversidad, la cual es la más importante.²²⁷

Por otro lado, resalta el hecho de que tan sólo el ser humano, de entre alrededor de 10 millones de especies, está destruyendo el 40% del potencial de productividad de la Tierra aunado a que resulta poco probable que pueda detenerse el crecimiento de la población, por lo que la civilización se halla en una situación sin precedentes.²²⁸

De acuerdo con el índice de crecimiento de la población, la humanidad alcanzará los 10,000 millones de habitantes para el año 2030. Además del sustento que demandará tal población se buscará llegar a los estándares de vida de países industriales como Estados Unidos o Japón. Ahora bien, si ésta población consume los recursos naturales de la Tierra como por ejemplo, el cobre, cobalto, molibdeno, níquel y petróleo al mismo ritmo que ocurre

²²⁴ Con base en, *Idem*.

²²⁵ Con base en, *Idem*.

²²⁶ Con base en, *Ibid*, p. 181.

²²⁷ Con base en, *Idem*.

²²⁸ Con base en, *Idem*.

actualmente en Estados Unidos, y no se descubren nuevos recursos o se desarrollan algunos sustitutos, éste mundo ideal duraría solamente una década –a partir de 2030–, e incluso menos. Ésta cantidad de seres humanos generarán desechos del orden de los 400, 000 millones de toneladas por año.²²⁹

La importancia que reviste entonces, radica en la optimización de los recursos naturales, ya que con base en el párrafo anterior, es urgente no sólo reciclar los desechos sino también conservar los recursos naturales y descubrir materiales alternativos. Así mismo, es necesario reconocer que el modelo industrial tradicional –basado en la transformación de los insumos derivados de la naturaleza, en productos para ser vendidos, asociado a los desechos que se arrojan al medio ambiente– debe de cambiar para llegar a conservar los ecosistemas, que si bien es cierto, éste nuevo modelo, consistente en lo industrial, optimice la energía y los materiales, para reducir los desechos al mínimo, además de utilizarlos de nuevo como materias primas para otros procesos. Con esto se pretende que las industrias funcionen de forma análoga con los ecosistemas biológicos.²³⁰

Para lograr lo anteriormente expuesto, será necesario que los países industrializados y los que están en vías de desarrollo adopten políticas para hacer posible un sistema industrial que cuide el medio ambiente. Sin embargo, si las industrias adoptan un enfoque ecosistémico y se llevan a cabo los cambios en la fabricación, deberán también transformarse los patrones en la demanda de los consumidores y el tratamiento de los materiales una vez terminados y utilizados.

Por lo tanto los esfuerzos deben dirigirse hacia la construcción de un mundo sostenible, lo cual implica el diseño de políticas que conduzcan a un cambio de conducta de los individuos, de las industrias y de los gobiernos, para lograr el desarrollo y crecimiento de la población mundial dentro de los límites que establecen los patrones ecológicos. Sin embargo, no será sencillo lograr una participación sustancial de la población mundial para propiciar un cambio en su conducta.

Aún en nuestros días prevalece el enfoque de la sostenibilidad transicional sobre la forma de explotación de las tierras, el cual se refiere a lo siguiente:²³¹

1. Los países en vías de desarrollo basan su política para obtener su progreso bajo la premisa de lograrlo bajo cualquier costo ambiental, y esto conlleva a la destrucción completa de los bosques, al reemplazo de la agricultura sostenible por cosechas de interés comercial, a la explotación de tierras vulnerables y a

²²⁹ Con base en, *Ibid.* p. 182.

²³⁰ Con base en, *Idem.*

²³¹ Con base en, *Ibid.*, p. 186.

la creación de centros industriales que constituyen los principales núcleos de contaminación ambiental.

2. En lo que respecta a los países desarrollados, el enfoque que se tiene es el de lograr el bienestar de las personas sin tomar en cuenta el medio ambiente, aun cuando existe cierta conciencia.

Como ya se ha citado, uno de los principales desafíos a los que se enfrenta nuestra sociedad en general, es lograr un crecimiento económico sin dañar los sistemas ecológicos, esto constituye un mecanismo esencial para diseñar una serie de estrategias que propicien el equilibrio sustentable. Se entiende por equilibrio sustentable, una expresión de la naturaleza que se refiere al estado de los ecosistemas naturales que mantienen su existencia por medio de oposiciones apropiadas de procesos y mediante mecanismos reguladores, que protegen dichos procesos contra los trastornos. Esta pérdida de la biodiversidad, está cada vez más latente en vías de lograr un desarrollo sustentable.²³²

Las especies, en casi todos los ecosistemas que existen, aunque ellos mismos pueden alimentarse, auto regenerarse y adaptarse a los cambios en el ambiente, dentro de su entorno natural, se encuentran rebasados por la contaminación.

Las naciones se encuentran en un dilema porque tienen como objetivos prioritarios, erradicar la pobreza y mejorar la salud, y esto se logra mediante un crecimiento y desarrollo económicos y a la vez tienen que proteger los sistemas ambientales con nueva tecnología que evite el calentamiento global.²³³

En términos generales se creía que si había recursos suficientes para la investigación y desarrollo, la potencialidad de la tecnología no tendría límites, lo que propiciaría un crecimiento económico, orientado al consumo masivo de energía que en teoría se consideraría muy barata y que eliminaría la escasez de recursos. De ésta forma, habría un flujo de bienes, maquinaria e innovaciones tecnológicas que elevarían el nivel de vida. La estrategia para lograr una economía sana, era lograr un crecimiento económico a través de un consumo masivo de energía. Sin embargo, hoy se observa que a mayor abundancia el planeta está en peligro de extinción.²³⁴

El desplazamiento masivo de especies, junto con el desarrollo de tecnología cada vez más poderosa para sobreexplotar los depósitos geológicos de energía y materiales que no se renuevan dentro de los ciclos, en parámetros normales humanos, sino de acuerdo a sus propios ciclos ambientales, ha causado un daño ecológico, propiciado por el hombre. Esto

²³² Con base en, Amos Turk Wittes, *op. cit.*, p. 3.

²³³ Con base en, William R. Catton, Jr., *op. cit.*, pp. 23, 24.

²³⁴ Con base en, *Idem*.

implica que el futuro traerá un lamentable descenso en el crecimiento económico, y una reducción en la población.²³⁵

Con base en lo anterior, el término que ha cobrado mayor interés por parte de todos los actores de la sociedad en general, es el de capacidad de carga del planeta, el cual es un término que se refiere como ya se mencionó, al máximo permisible en nuestro ambiente que puede ser explotado, sin poner en riesgo su supervivencia. En vista de lo anterior, se puede apreciar que esta capacidad de carga, fue alcanzada debido a los desplazamientos de las sociedades y debido al apropiamiento para su uso, de porciones a gran escala, de áreas de ecosistemas, tomando como fundamento que éstos mantienen toda forma de vida.²³⁶

A lo largo de la era industrial, el pensamiento imperante que reinaba para lograr la plenitud de aprovechamiento y explotación de los recursos, no era la escasez de recursos en sí misma, ni la sobrepoblación, sino la falta de científicos y técnicos suficientemente capacitados para construir la tecnología que pusiera al alcance todo tipo de satisfactores para la sociedad en general.²³⁷

Varias de las soluciones, que se han propuesto para solucionar los problemas que enfrenta la humanidad, no han hecho otra cosa que agravarlos. Por ello, es necesario que se evalúe las posibles estrategias de solución para determinar si éstas no agravarán más los problemas.

Por otro lado, es imprescindible reconocer que los seres humanos imponen una carga a la capacidad que tiene el medio ambiente de suministrar lo que se necesita y de absorber y transformar lo que se desecha. De ésta forma, se puede decir que la carga máxima permanentemente viable, que se encuentra inmediatamente por debajo de la carga que dañaría la capacidad de los ecosistemas, logra mantener una vida adecuada de los seres vivos en el planeta.²³⁸

Con base en lo anterior, y para poder analizar la intervención del hombre sobre el equilibrio de la naturaleza, será importante conocer los tipos y funcionamiento de los ecosistemas, del cual ya se habló de manera general a principios de éste capítulo.

En suma, en un entorno ambiental, los seres vivos imponen un peso específico a la capacidad que tiene el ambiente de suministrar lo que necesitan y de absorber y transformar lo que desechan y éste peso que se impone al medio, es la capacidad máxima permanentemente viable, que se encuentra inmediatamente por debajo del nivel que dañaría la capacidad de ese medio para mantener una vida en la naturaleza. Por lo que la capacidad de satisfacer las necesidades del medio, puede ser expresada cuantitativamente como el

²³⁵ Con base en, *Idem*.

²³⁶ Con base en, *Ibid*, p. 29.

²³⁷ Con base en, *Ibid*, p.35.

²³⁸ Con base en *Idem*.

número de individuos que, viviendo de una manera dada, pueden ser mantenidos indefinidamente por un medio ambiente. De tal manera la capacidad de carga del planeta está dada por:²³⁹

$$\begin{aligned} & \text{Capacidad de carga del planeta} \\ & = \\ & \text{Número de bienes y servicios que produce el planeta} \\ & \text{Para abastecer a cada individuo} \end{aligned}$$

Con base en esto:

$$\frac{\sum i * n * Bs}{a} \leq 1$$

Donde:

- i = Sumatoria del número de individuos*
- n = Necesidades*
- Bs= Bienes y servicios*
- a = Capacidad de carga del planeta*

De acuerdo a ésta fórmula, la capacidad de satisfacer las necesidades referida, expresa el poder de abastecer de manera plena a cada individuo, así como sus necesidades, y tal capacidad debe ser igual o menor a uno, porque si no, se estaría sobre explotando al planeta hasta agotar sus recursos.²⁴⁰

De lo anterior se puede inferir lo siguiente: cuando la capacidad presente, en un momento determinado, resulta considerablemente inferior a la capacidad de carga del planeta, hay un espacio para expandir el número de habitantes, y para elevar los estándares de vida, pero si el uso de los recursos aumenta hasta superar la capacidad del medio natural, ésta última se reduce debido a la sobre explotación de los ecosistemas.

$$\frac{\sum i * n * Bs}{a} > 1$$

Donde:

²³⁹ Con base en *Idem.*

²⁴⁰ Con base en, *Idem.*

i = Sumatoria del número de individuos
n = Necesidades
Bs= Bienes y servicios
a = Capacidad de carga del ambiente

El ser humano, durante milenios, se ha apropiado varias veces de la capacidad de carga total para mantener la vida a expensas de su medio y de otras criaturas, así mismo, la población humana ha crecido cada vez más, a tasas mayores y el hombre confía en la tecnología que aumenta la capacidad de carga de nuestro medio, sin embargo se ha rebasado el número de habitantes que el planeta puede mantener. Las sociedades complejas que existen hoy, dependen del rápido consumo de recursos limitados, a su vez, el agotamiento de recursos ahora indispensables, está reduciendo la capacidad de carga para el ser humano en el entorno en el que vive, por lo que ésta es una de las limitantes en éste proceso la otra tiene que ver con la acumulación de sustancias dañinas que inevitablemente producen los procesos vitales de las industrias. La acumulación de materiales tóxicos también disminuye la capacidad de carga del planeta.²⁴¹

Cabe destacar, que la explotación de depósitos limitados de materiales, que durante milenios han abastecido a la humanidad en general, no se recuperan dentro de dimensiones de tiempo humanas, lo que ha generado que nuestro planeta se encuentre en una etapa distinta y peligrosa en cuanto a la escasez de suministros.²⁴²

De ésta forma, la sociedad humana se ha multiplicado de una manera colosal y se ha apoyado en una capacidad de carga basada a su vez, en la dependencia de recursos limitados, lo que ha traído como consecuencia sobrepasar el número de habitantes que el planeta puede mantener permanentemente.

En resumen, se puede concluir dos cosas que están reduciendo la capacidad de carga del planeta:²⁴³

1. El agotamiento de los recursos, ahora indispensables.
2. La acumulación de sustancias dañinas que inevitablemente producen los procesos vitales.

²⁴¹ Con base en, *Ibid*, p. 42.

²⁴² Con base en, *Idem*.

²⁴³ Con base en, *Idem*.

El hecho de sobreexplotar a los ecosistemas ha traído como consecuencia la destrucción de su limitada capacidad de arreglar lo que se deteriora del planeta.

Ha habido varios intentos, a lo largo de las pasadas décadas, de aumentar la capacidad de carga del planeta, como por ejemplo, como ya se mencionó, el desplazamiento de otras especies. En éste sentido, las familias se apropiaron para su uso, de porciones de potencial de manutención vital de la biósfera, por lo que, intentar seguir apropiándose del entorno, ha significado hacerlo a expensas del medio de vida, el cual, el género humano es totalmente dependiente.²⁴⁴

Se ha utilizado tecnología cada vez más poderosa para sobreexplotar los depósitos geológicos de energía y que no se renuevan en un ciclo estacional de crecimiento orgánico. También, la expansión sobresaliente de la población, ha sido una forma trágica de progreso, la cual ha puesto como fundamento la tecnología y esto ha traído como consecuencia un descenso en el crecimiento económico y una amenaza en la reducción de la población.²⁴⁵

Por lo que se debe de analizar, con profundidad, la relación que hay entre la capacidad cambiante de la Tierra para mantener a sus habitantes humanos y la carga, también cambiante, que le imponen la población existente y las exigencias de cada individuo.

Factores relacionados con el suelo y el clima imponen un límite absoluto, en la medida en que están fuera de control humano, y la manera en que se usa la tierra establece un límite en la práctica. Si el límite práctico de la población es sobrepasado sin un cambio compensatorio en el sistema de uso de la Tierra, se pone en marcha un ciclo de cambios degenerativos que necesariamente redundan en el deterioro o la destrucción de la misma, y al final en hambre, y en una consiguiente reducción en la población.²⁴⁶

Los alimentos disponibles que se encuentren en la Tierra, es el mejor indicativo para medir la capacidad de carga, en lo que al ser humano se refiere, al respecto es necesario cuantificar los datos disponibles de los alimentos de cada región y determinar cuántos habitantes pueden ser alimentados con tal producción de alimentos. De ésta manera, cuando se presentan cambios en la población, la capacidad de carga se ve afectada ya que depende de los recursos del planeta.²⁴⁷

Por otro lado, la capacidad de carga sufre modificaciones con las innovaciones tecnológicas porque representan un aumento en el volumen de producción de alimentos, por ejemplo. Lo

²⁴⁴ Con base en, *Ibid.* p. 29.

²⁴⁵ Con base en, *Idem.*

²⁴⁶ Con base en, William R. Catton, *op. cit.* p. 46.

²⁴⁷ Con base en, Jean Pierre Morales Aymerich, *La capacidad de carga: conceptos y usos, Recursos Naturales y Ambiente* No. 63. [s.p.], [s.a.], <<http://www.sidalc.net/repdoc/A10980e/A10980e.pdf>>, (24 de abril 2014), pp. 49, 50.

que ocurre, con base en lo anterior, es que se modifica el límite superior de crecimiento poblacional.²⁴⁸

Por lo mismo, se le debe de concebir a la producción sustentable, como una forma responsable de producir desde las perspectivas económica, ambiental y social. De ahí la importancia de que la propuesta integre, en los procesos de manufactura, menos productos desechables, menos bienes y de buena calidad, los cuales se utilizarán más tiempo y ocasionarán menos desechos.²⁴⁹

Por otro lado la tendencia que siguen las organizaciones es a utilizar cada vez menos personal, en vista de en la búsqueda de mayor productividad y menores costos, las empresas requieren menos mano de obra y más capital, sin que el uso del medio ambiente les represente ningún costo, y sin que la energía que usan tenga alto precio –por no tener que efectuar ningún pago por el agotamiento de los recursos naturales no renovables de donde se extraen, y por no representar para ellas mismas ningún costo la contaminación que produce–, por lo que no se requerirá más mano de obra, ni habrá impedimentos para seguir dañando el medio ambiente con los procesos productivos que utilizan tecnología contaminante.²⁵⁰

Por lo tanto las industrias deberán asumir acciones como las siguientes, para propiciar una mejora en el medio ambiente:²⁵¹

1. Establecer criterios ambientales y objetivos de abastecimiento y compras.
2. Tomar medidas para orientarse hacia la eco-eficiencia en el consumo de energía y recursos naturales.
3. Rediseñar sus productos para adoptar procesos de innovación, y desarrollar programas que incluyan factores de consumo sustentable.
4. Proveer bienes y servicios con una declaración de producto que contenga información sobre parámetros ambientales; por ejemplo, durabilidad, reparabilidad, uso de energía y agua, y contenidos tóxicos.
5. Extender la responsabilidad de productor a través del ciclo de vida del producto y ofrecer facilidad para el re-uso o reciclaje.

²⁴⁸ Con base en, *Idem*.

²⁴⁹ Con base en, Víctor Manuel López, *op. cit.*, p. 50.

²⁵⁰ Con base en, *Ibid*, p. 51.

²⁵¹ Con base en, *Ibid*, p. 52.

6. Prever y reducir el consumo de energía, de materiales y la producción de residuos en la etapa de diseño.
7. Promover el consumo sustentable a través de la información del producto.
8. Integrar los costos ambientales del proceso productivo en el precio de los productos incluyendo los costos de responsabilidad ambiental.

En cuanto al uso eficiente de los materiales se requiere adoptar las siguientes medidas: ²⁵²

1. Diseñar todos los bienes y servicios para que requieran mucho menos materiales vírgenes.
2. Crear políticas que promuevan y apoyen la conservación, el recobro y la eficiencia de uso de materiales.
3. Desarrollar estrategias para optimizar el uso de materiales y la prevenir los desechos en los hogares, empresas e instituciones.
4. Recobrar la mayor cantidad de materiales del flujo de residuos.
5. Fomentar una economía fuerte para materiales secundarios (recobro).

La adopción de la siguiente regla será de gran ayuda para lograr los objetivos sustentables: *reducir, reusar y reciclar*. El uso eficiente de los materiales y la prevención de los residuos requieren de una perspectiva cíclica, en vez de un enfoque lineal, como en la actualidad, con el procedimiento de *extraer, usar y tirar*. ²⁵³

Para reducir, que es el primer y más importante paso, en el uso eficiente de los materiales y, por consiguiente, de la prevención de residuos, se requiere incluir las siguientes acciones: ²⁵⁴

1. Reducir el uso de materiales no reciclables.
2. Reemplazar materiales y productos desechables por reusables.
3. Reducir empaques o embalajes.

²⁵² Con base en, *Ibid*, pp. 52, 53.

²⁵³ Con base en, *Ibid*, p. 53.

²⁵⁴ Con base en, *Idem*.

4. Reducir la cantidad de almacenes de residuos.
5. Establecer límites de producción de basura, con incentivos para los generadores que reduzcan dichos límites.
6. Incrementar la eficiencia del uso de papel, cartón, vidrio, metal, plástico y otros materiales.

Otro aspecto importante de ésta regla es el *re-uso*, el cual no requiere tiempo adicional ni energía para su utilización. En lo que respecta al tercer aspecto, *reciclar* significa el reemplazo de materiales vírgenes por materiales que aún tienen utilidad, con el consiguiente ahorro de recursos naturales y de una parte de la energía, lo que también significa beneficios económicos.²⁵⁵

5.13 Evaluación del Impacto Ambiental

Para la evaluación del impacto ambiental, la herramienta metodológica más usual para la gestión de temas ambientales, es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). La realización de éste tipo de análisis es ya parte integral de los estudios de pre-inversión y de la realización de proyectos de cierta envergadura. En efecto, cada vez en más países es una obligación legal preparar evaluación o estudios de impacto ambiental, para los proyectos que pueden alterar significativamente el entorno de su ubicación.^{256 257}

Se presenta un impacto ambiental, cuando una actividad propicia una alteración favorable o desfavorable (positiva o negativa) en el medio ambiente.²⁵⁸

En concreto, un *impacto ambiental positivo*, se refiere a la acción en el medio ambiente que proporciona beneficios para la población en general, y es aceptado como tal por la comunidad técnica y científica. En cuanto al *impacto ambiental negativo*, éste representa una pérdida de valor natural, estético, productividad ecológica, o perjuicios derivados de la contaminación, erosión, azolvamiento y demás riesgos ambientales.²⁵⁹

²⁵⁵ Con base en *Idem*.

²⁵⁶ Con base en, *Ibid*, pp. 55, 56.

²⁵⁷ Como por ejemplo, en México, la *Ley de Hidrocarburos en su Título IV Capítulo V, Artículo 118* y el *Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica en su Título III, Capítulo I, Artículo 86*, está reglamentado que las industrias tanto del sector público como privado que deseen obtener una asignación para la explotación, extracción y comercialización de hidrocarburos deberán presentar un estudio de impacto social.

²⁵⁸ Con base en, Víctor Manuel López, *op. cit.*, p. 56.

²⁵⁹ Con base en, *Ibid*, pp. 56, 57.

La evaluación del impacto ambiental es un instrumento de gran alcance para disminuir los efectos causados por situaciones que presentan las siguientes características: ²⁶⁰

1. Desvinculación entre el incremento demográfico y la disponibilidad de servicios básicos que demanda.
2. Requerimiento creciente de espacios e infraestructura como consecuencia de la movilidad de la población y el crecimiento del nivel de vida.
3. Degradación progresiva del medio natural, especialmente en:
 - a) Contaminación y mala gestión de los recursos atmosféricos, hidráulicos, geológicos, edafológicos y paisajísticos.
 - b) Ruptura del equilibrio biológico y de las cadenas eutróficas.
 - c) Perturbaciones atribuibles a los desechos de origen industrial.
 - d) Deterioro y mala gestión del patrimonio histórico-cultural.

Para lograr llevar a cabo la medición del impacto ambiental será necesario establecer, tanto políticas como objetivos sustentables, que generen cambios notables en el entorno, a su vez será de gran ayuda que se conozca y controle los límites de los cambios registrados a través de las mediciones, que proporcionan información sobre el deterioro ambiental ocasionado por los impactos negativos.

Y para medir los beneficios que proporciona la biósfera, a través de sus servicios medioambientales, se emplean indicadores como, por ejemplo, los índices de contaminación, la medición de asimilación de residuos, valoración de la intensidad de la radiación ultra violeta, entre otros. Las variaciones observadas indican la capacidad o incapacidad de la biósfera para sostener la integridad ecológica. A continuación se aborda el tema de esos indicadores de sustentabilidad: ²⁶¹

5.13.1 Indicadores de Sustentabilidad

Lo que se busca al elaborar los indicadores de sustentabilidad, es proporcionar información sobre el estado que guarda la relación entre la sociedad y el mejoramiento o en su defecto, deterioro de la calidad de su entorno, así mismo, se

²⁶⁰ Con base en, *Idem*.

²⁶¹ Con base en, *Ibid*, p. 60.

pretende señalar si esa sociedad está en el camino apropiado para ser sustentable. Por lo tanto, es de suma importancia que tanto, gobiernos como organizaciones, desarrollen y utilicen indicadores, para identificar la realidad presente en cuanto a lo que se refiere a la sustentabilidad y para tomar decisiones al respecto.²⁶²

Para la implantación de un sistema de indicadores, será importante delinear los objetivos sociopolíticos para poder fundamentar el contenido de cada uno de los elementos que lo integran. Por ejemplo, por citar un caso, cuando se vaya a realizar una construcción sustentable podrían elaborarse los siguientes objetivos:²⁶³

1. Asegurar la integridad de los ecosistemas donde se ubicarán las obras.
2. Preservar la salud y el bienestar de los habitantes de esa región.
3. Hacer un uso sustentable de los recursos naturales que se utilizarán como insumos.

Por lo que se hace un llamado a los países, organizaciones internacionales y no gubernamentales para desarrollar y usar indicadores en la identificación de la realidad sustentable y para la toma de decisiones que redunde en asegurar los ciclos de vida de los ecosistemas.

El contenido más ampliamente usado en la elaboración de indicadores es el siguiente:

1. Definir objetivos y metas.
2. Estructurar el sistema y seleccionar temas.
3. Investigación y desarrollo.
4. Propuesta de indicadores.
5. Revisión pública.
6. Revisión final y ajustes.

²⁶² Con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.*, pp. 60, 61.

²⁶³ Con base en, *Ibid*, p. 61.

Los indicadores ambientales son una señal evidente que refleja la situación del ambiente y permiten evaluar y seguir las medidas de protección ambiental implementadas por cada país.²⁶⁴

El poder medir y comparar la efectividad del modelo de gestión ambiental implementado en el país en cuestión con relación a otros similares, hará posible que se puedan producir indicadores o índices estandarizados a escala global o regional.²⁶⁵

Los temas y metas que deberán contener son los siguientes:

1. Diversidad biológica.
2. Gestión de los recursos hídricos.
3. Vulnerabilidad y ciudades sostenibles.
4. Temas sociales (salud, inequidad y pobreza).
5. Aspectos económicos (competitividad, comercio y patrones de producción y consumo).
6. Aspectos institucionales.

En cuanto a los objetivos de desarrollo del milenio, que fueron fijados en el año 2000, constituyen una base para lograr un desarrollo incluyente, humano y sostenible, a partir de una serie de objetivos que en su conjunto pudieran dar cuenta de los principales problemas del desarrollo. Los objetivos de desarrollo del milenio son los siguientes:²⁶⁶

Objetivo 1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre.

Objetivo 2. Lograr la enseñanza primaria y universal.

Objetivo 3. Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer.

²⁶⁴ Con base en, Ministerio del Ambiente, *Avances y Perspectivas del MINAM en torno a los Indicadores Ambientales*, Lima, Sistema Nacional de Información Ambiental, 2015, p. 2.

²⁶⁵ Con base en, *Ibid*, p. 7.

²⁶⁶ Con base en, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, *Una mirada al futuro desde los Objetivos de Desarrollo del Milenio*, Informe regional de monitoreo de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), en América Latina y el Caribe, 2015, < <http://www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx/odm/doctos/InfReg2015.pdf>>, pp. 58, 59.

Objetivo 4. Reducir la mortalidad en los niños menores de 5 años.

Objetivo 5. Mejorar la salud materna.

Objetivo 6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.

Objetivo 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

Objetivo 8. Fomentar una alianza mundial para el desarrollo.

En la tabla 5.2 se puede apreciar el desglose del Objetivo 7 del cual ocupa el interés de éste apartado.

En la tabla 5.2 se puede apreciar el desglose del Objetivo 7 (de los Objetivos de Desarrollo del Milenio) del cual ocupa el interés de éste apartado.

Tabla 5.2 Desglose del Objetivo 7 (Objetivos de desarrollo del milenio).

Metas	Desglose de las Metas
7 A: Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de los recursos.	7.1 Proporción de la superficie de tierras cubierta por bosques.
	7.2 Emisiones de dióxido de carbono (totales per capita y por cada dólar del PIB y consumo de sustancias que agotan la capa de ozono).
	7.3 Proporción de poblaciones de peces que están dentro de unos límites biológicos seguros.
	7.4 Proporción del total de recursos hídricos utilizada.
7 B: Haber reducido y haber ralentizado considerablemente la pérdida de diversidad biológica en 2010.	7.5 Proporción de zonas terrestres y marinas en peligro.
	7.6 Proporción de especies en peligros de extinción.
7 C: Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.	7.7 Proporción de la población con acceso a mejores fuentes de agua potable.
	7.8 Proporción de la población con acceso a mejores servicios de saneamiento.
7 D: Haber mejorado considerablemente, en 2020, la vida de al menos 100 millones de habitantes de barrios marginales.	7.9 Proporción de la población urbana que vive en barrios marginales.

Fuente: Elaboración propia con base en, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, América Latina y el Caribe: *una mirada al futuro desde los Objetivos de Desarrollo del Milenio, Informe regional de monitoreo de los objetivos de Desarrollo del Milenio (DM) en América Latina y el Caribe*, México, 2015, pp. 58, 59.

5.13.2 Modelo de Presión-Estado-Respuesta ²⁶⁷

El modelo de Presión-Estado-Respuesta (PER), parte de la base de que las actividades humanas ejercen *presión*, ya sea de manera directa o indirecta sobre el ambiente, afectando su cantidad y calidad de recursos naturales (*estado*). Y con base en lo anterior, la sociedad reacciona ante éstas presiones adoptando políticas ambientales, económicas y sectoriales fundamentando su *respuesta* sobre su conciencia bien pensada. A continuación se describen algunas de las características de los indicadores:

1. Indicadores de presión

- a) Se refiere a aquéllas presiones subyacentes o indirectas y también a las presiones inmediatas o directas, en lo que concierne a la utilización de recursos y emanación de residuos.
- b) Se relaciona con métodos de producción y de consumo; reflejan frecuentemente intensidades de emisión o de utilización de recursos y sus tendencias y evoluciones, dentro de un determinado periodo.
- c) Pueden también servir para evidenciar los progresos realizados intentando separar las actividades económicas de las presiones ambientales correspondientes.
- d) Pueden ser utilizados para evaluar el grado de ejecución de objetivos nacionales y de lineamientos internacionales, por ejemplo, en lo que se refiere a la reducción de emisiones.

2. Indicadores de Estado

- a) Están relacionados con los indicadores de calidad y cantidad de recursos naturales y del ambiente.
- b) Reflejan los objetivos finales de una política ambiental y tratan de mostrar en forma general el estado del ambiente y su evolución en el tiempo.

²⁶⁷ Éste apartado ha sido elaborado con base en, Camilo Polanco, *Indicadores ambientales y modelos internacionales para la toma de decisiones*, Medellín, Gestión Ambiental, 2006, Volumen 9, No. 2 Agosto de 2006, pp. 34-36.

- c) Incluyen la concentración de contaminantes de diferentes medios, exceso de cargas críticas, exposición de la población a ciertos niveles de contaminación, estado de la flora y fauna y de las reservas de recursos naturales, entre otros.

3. Indicadores de respuesta

- a) Muestran, como su nombre lo indica, el grado de respuesta de la sociedad en cuestiones ambientales. Estas comprometen acciones y reacciones individuales y colectivas para:
 - a. Atenuar o evitar los efectos negativos de actividades humanas sobre el medio ambiente.
 - b. Imponer un límite de las degradaciones al ambiente y remediarlas.
 - c. Conservar y proteger los recursos naturales y el medio ambiente.
- b) Incluyen los recursos económicos gastados en el cuidado y protección del ambiente; los impuestos y subvenciones relacionados con el ambiente; los sectores representativos de mercado de bienes y servicios relacionados con el ambiente; las tasas de reducción de emisiones y reciclaje de residuos. Todos ellos forman parte de las respuestas sociales para identificar los impactos ambientales.

5.13.3 Normas ambientales ²⁶⁸

Dentro del marco de la celebración de la cumbre de Río de Janeiro, la Organización Internacional para la Estandarización se comprometió a desarrollar una serie de normas para los temas de gestión ambiental y la prevención de la contaminación, por lo que inicialmente se creó la norma ISO 14001, concebida para contribuir a alcanzar el desarrollo sustentable.

²⁶⁸ Con base en, Víctor Manuel López López, *op. cit.*, pp. 68, 69.

Se puede considerar que un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es el que incluye la estructura de organización, planificación de actividades, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, revisar y mantener al día la política medioambiental.

La familia de normas internacionales medioambientales continúa en desarrollo permanente con el propósito de que empresas, dependencias y agencias internacionales, integren voluntariamente sus procesos, productos y servicios dentro del marco de gestión ambiental, para ello comparte principios de la gama de la Norma ISO 9000 para la gestión de calidad. A continuación se presenta la serie de normas partiendo de la 14001 hasta finalizar con la 14064.

Tabla 5.3 Serie de Normas ISO 14000

Normas	Título
ISO 14001	Especificación de sistemas de gestión ambiental.
ISO 14004	Sistema de gestión medioambiental (guía general de principios, sistemas y técnicas de apoyo).
ISO 14010 a ISO 14015	Auditorías medioambientales y actividades relacionadas.
ISO 14020 a ISO 14024	Calificación medioambiental.
ISO 14031 a ISO 14032	Evaluación del comportamiento del medio ambiente.
ISO 14040 a ISO 14043	Evaluación del ciclo de vida.
ISO 14050	Términos y definiciones.
ISO 14064	Guía para las especificaciones de producto.

Fuente: Elaboración propia con base en, Víctor Manuel López López, *oSustentabilidad y Desarrollo Sustentable, Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*, México, Trillas, 2009 (Reimp.), p. 68.

A continuación se presentan algunos de los métodos y técnicas que existen como apoyo para la sustentabilidad.

Tabla 5.4 Método de técnicas de apoyo para la sustentabilidad

Métodos y Técnicas	Objetivos	Fortalezas	Debilidades	Comentarios
<i>Evaluación de impactos ambientales (EIA)</i>	Analizar a priori los impactos ambientales de proyectos o inversiones.	Toma en cuenta más de una alternativa de proyecto.	Involucra subjetividades de quien los concibe o elabora.	Es fundamental que la IEA se realice en la etapa de anteproyecto.
<i>Indicadores de sustentabilidad</i>	Proporciona valoraciones cuantitativas y cualitativas para estimar si está en camino de lograr la sustentabilidad.	Permite reducir la dependencia de la simple intuición para conocer el estado de mejoramiento o empeoramiento de la calidad ambiental y social.	Existe un sesgo debido a las subjetividades de quien los concibe o elabora.	No proporcionan respuestas por sí mismos, sólo valoran conceptos que se requieren conocer.
<i>Análisis del ciclo de vida</i>	Relaciona los efectos ambientales a lo largo del ciclo de vida de los materiales.	Incluye el ciclo de vida completo de los productos y procesos.	Carece de detalle espacial y temporal. No considera aspectos sociales y económicos.	Se traslapa con varias técnicas: EIA, normas ISO, indicadores sustentables y ciclo de vida económica.
<i>Normas ISO 14000</i>	Regulan la gestión ambiental, la prevención de la contaminación, y contribuye a la búsqueda de la sustentabilidad.	Los países, organizaciones y empresas pueden adoptar las normas en función de sus necesidades y limitaciones.	La adaptación de las normas no es indicativo de que se respetará el medio ambiente, ni que aumentarán automáticamente la calidad de los productos.	Hasta ahora son de adaptación voluntaria.
<i>Decisiones multi-criterio</i>	Trata problemas de optimización de varios objetivos simultáneos (económicos, ambientales) que frecuentemente están en conflicto.	Existen soportes informáticos comerciales para resolver con rigor científico las ponderaciones de las diferentes alternativas.	El decisor sesga el resultado final con la inclusión de sus preferencias.	En ocasiones también se le denomina decisiones multi-atributo.
<i>Ciclo de vida económico de los materiales</i>	Valora el rendimiento económico de los materiales desde la instalación hasta un tiempo de prefijado.	Se evalúa simultáneamente grupos de productos.	Si no se extreman cuidados se puede confundir los conceptos costo del ciclo de vida y análisis del ciclo de vida.	Es una técnica muy reciente que todavía le falta mucho desarrollo.

Fuente: Elaboración propia con base en, Víctor Manuel López López, *oSustentabilidad y Desarrollo Sustentable, Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*, México, Trillas, 2009 (Reimp.), pp. 68, 69.

5.14 La curva ambiental de Kuznets

El desarrollo ambiental requiere, desde luego, cuantiosos recursos económicos cuya consecución únicamente es factible mediante una amplia conciencia del interés común. Porque las fuentes más viables de recursos para la preservación y mejoramiento ambiental consisten, precisamente, en internacionalizar los costos ambientales. Adicionalmente ya han sido utilizados los impuestos ecológicos que gravan actividades ambientales perniciosas (emisiones de gases tóxicos, descarga de aguas con desechos dañinos, explotación de recursos naturales, consumos inapropiados de energía, ocupación contaminante de la tierra, etc.) en acciones de restauración ecológica y mejoramiento ambiental.²⁶⁹

Además de lo anterior, reviste especial importancia la inducción de tecnologías apropiadas para el uso racional de los recursos naturales, lo cual deberá extenderse ampliamente, mediante la aplicación de sistemas de incentivos y desincentivos que sean coherentes con la realidad.

Existe una fuerte controversia sobre el impacto del desarrollo económico sobre el medio ambiente y sobre el desarrollo sustentable. Por un lado están los que consideran que el crecimiento del ingreso per cápita es una solución a los problemas del deterioro ambiental y el desgaste de la base de recursos naturales. Por el otro, se encuentran aquellos autores que sostienen que el crecimiento y, en especial, las modalidades de la globalización de mercados bajo un esquema neoliberal, representan una amenaza seria para el medio ambiente e imposibilitan el desarrollo sustentable.²⁷⁰

El modelo conceptual de la curva de Kuznets pretende encontrar una relación entre el aumento del ingreso per cápita y el mejoramiento del medio ambiente a través de una curva en forma de U invertida. La curva ambiental de Kuznets, es un modelo heurístico que engloba las relaciones a nivel macro entre la economía y medio ambiente.²⁷¹

El modelo de Kuznets considera que existe una relación entre medio ambiente y nivel de ingreso per cápita. Para Kuznets, el crecimiento económico trae consigo un proceso de cambio estructural de la que forma parte la concentración del ingreso. Se sostiene que al alcanzarse un umbral en el nivel de ingreso per cápita se presentan cambios estructurales y en la tecnología que detienen el deterioro y hasta lo revierten. El cambio estructural está relacionado con la declinación de industrias contaminantes y el auge de actividades

²⁶⁹ Con base en, José Luis Calva, *et. al.*, *Sustentabilidad y desarrollo ambiental, Agenda para el desarrollo*, México, Porrúa-UNAM, Volumen 14, 2007, p. 11.

²⁷⁰ Con base en, *Ibid.*, p. 17.

²⁷¹ Con base en, *Idem.*

limpias. El cambio técnico está asociado con el diseño de procesos menos contaminantes y tecnologías que reducen el impacto ambiental. Finalmente uno de los postulados centrales es que la calidad ambiental es un bien normal y que su demanda se incrementa al aumentar el ingreso, como se observa en la gráfica siguiente, el umbral coincide con la fase de mayor presión sobre el medio ambiente.²⁷²

5.14.1 Crítica al modelo de la curva ambiental de Kuznets

La curva de la gráfica 5.2 indica que el crecimiento económico no sólo, no es dañino para el medio ambiente, sino que a la larga contiene la solución para detener el deterioro ambiental. El umbral de la transición entre el segmento con pendiente positiva y el resto de la curva depende de muchos factores, pero algunos estudios consideran que los países miembros de la OCDE llegaron a ese punto cuando alcanzaron un ingreso per cápita de unos USD\$ 12,000. Éste concepto ha sido utilizado por muchos autores para justificar la apertura comercial, argumentando que el libre comercio acelera el crecimiento económico y eso acarrea un beneficio ambiental. Éste tipo de argumentación ignora que el libre comercio no necesariamente está asociado con el crecimiento. Además, se supone que existe una relación que expresa (la curva de la gráfica 5.2) como si se tratara de una realidad que no necesita demostración. Lo más grave es que se deja de lado un análisis crítico de los principales componentes de la curva.²⁷³

Cabe señalar que la gráfica 5.2, ha sido utilizada en muchos estudios para examinar la relación de cambios macroeconómicos (por ejemplo los derivados de la apertura comercial) y el medio ambiente.²⁷⁴

No obstante la relación puede no ser tan evidente, por ejemplo la curva indica que cuando las emisiones aumentan con el crecimiento hasta el umbral de USD\$11 mil y luego disminuyen hasta un segundo umbral marcado por los USD\$ 30 mil y es en éste punto en donde las emisiones por unidad de producto comienzan a crecer nuevamente, lo que contradice el postulado de Kuznets. Lo importante de esto es que cuando se toman más variables en cuenta, por ejemplo el efecto de desperdicio, cuando se alcanzan niveles de riqueza per cápita muy altos, la forma de la relación entre contaminación y crecimiento no es la esperada. En síntesis, la relación carece de una base estadística sólida.²⁷⁵

²⁷² Con base en, *Ibid*, p. 18.

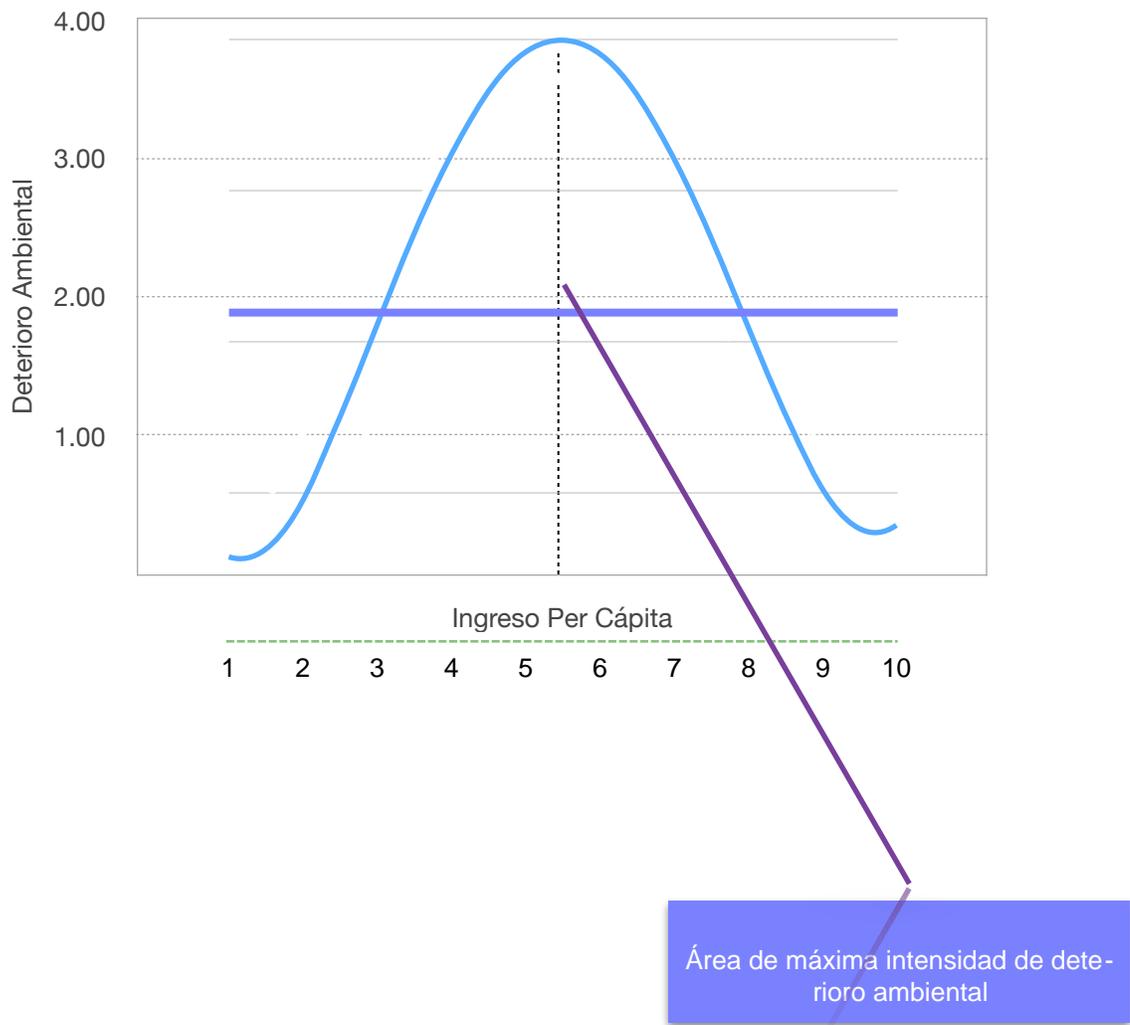
²⁷³ Con base en, *Ibid*, p. 19.

²⁷⁴ Con base en, *Idem*.

²⁷⁵ Con base en, *Idem*.

En la gráfica 5.2 se observa el área en donde se presentan máximos ingresos pero existe a la vez un máximo de deterioro ambiental.

Gráfica 5.2 Curva Ambiental de Kuznets



Fuente: Elaboración propia con base en, José Luis Calva, et. al., Sustentabilidad y desarrollo ambiental, Agenda para el desarrollo, México, Porrúa - UNAM, Volumen 14, 2007, p. 18.

A continuación se precisan cinco problemas de la gráfica de Kuznets:²⁷⁶

1. La gráfica 5.2 ignora la retroalimentación entre la economía y medio ambiente. Es posible que el deterioro ambiental haga más difícil canalizar recursos para el crecimiento y, en éste caso, el primer segmento de la curva tendría una forma inesperada, en vez de adoptar una forma típica de función con rendimientos decrecientes (en éste caso, tasa de crecimiento decreciente para el deterioro ambiental), se tendría una curva similar a los casos de tasas de cambio crecientes. En éste caso estaríamos en presencia de una economía acumulativa de estancamiento y deterioro del medio ambiente.
2. El segundo problema es que se supone que el deterioro ambiental no es acumulativo y tampoco irreversible. Esto permite postular que el crecimiento empeora las cosas al principio, pero después genera los recursos suficientes para solucionar los problemas creados durante las etapas anteriores. El supuesto implícito, en ese caso, es que la contaminación puede disminuir primero, reducirse después y que el daño ambiental provocado durante la primera fase de la curva puede ser reparado. Esto está relacionado con el supuesto de la sustentabilidad débil.
3. El ejemplo más extremo de esto es la pérdida de la biodiversidad. La extinción de especies es irreversible y si es acelerada por un proceso de crecimiento, el costo sería incalculable. Ningún monto de recursos financieros puede cambiar éste hecho fundamental.

Existen otros ejemplos de deterioro ambiental que representan daños acumulativos e irreversibles. Un caso importante es la erosión severa provocada por prácticas agrícolas de labranza agresiva. La reparación del daño en este caso se mide en cientos de años. Otro caso ejemplar es el agotamiento de acuíferos subterráneos que tienen tasas de carga muy débiles y que pueden requerir de décadas para recuperar sus niveles normales. En el caso de los depósitos fósiles no existe una tasa de recarga y el daño es irreversible. Otro ejemplo es el de algunos contaminantes que tienen tiempos de residencia muy largos en la atmósfera.

Cabe señalar que la gráfica de Kuznets mide la intensidad del deterioro ambiental en el eje vertical. Esa medición se asemeja a la tasa de

²⁷⁶ Con base en, *Ibid*, pp. 20-23.

crecimiento del deterioro o de la contaminación ambiental. Eso quiere decir que cuando la curva de Kuznets llega nuevamente al eje de la abscisa, la tasa de crecimiento de la contaminación y del deterioro ambiental llega a cero, pero eso no significa que la contaminación desaparece. En ese caso, el sistema económico sigue manteniendo un nivel de contaminación que a pesar de ser menor por unidad de producto que en las fases anteriores, no desaparece.

Si se toma en cuenta que el daño ambiental es acumulativo y a partir de cierto punto puede llegar a ser irreversible, el hecho de que se siga produciendo una presión sobre el medio ambiente aun después de alcanzarse la tasa de intensidad cero es significativa.

4. El tercer problema es que el medio ambiente es multidimensional y no puede simplificarse el análisis reduciendo el impacto ambiental del crecimiento a una sola de sus dimensiones. Por ejemplo, la emisión de óxido nitroso es un indicador importante, pero mientras esas emisiones pueden reducirse a partir de cierto umbral de ingreso, otros indicadores podrían empeorar.

Considerando al medio ambiente como un vector de múltiples variables o dimensiones, algunos de sus componentes pueden incrementarse al mismo tiempo que otros se reducen.

Además, el deterioro ambiental se presenta de manera simultánea en todos los componentes del medio ambiente, es decir, cuando coexisten la erosión de suelos, la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, la contaminación atmosférica, la deforestación, la destrucción de hábitats y la pérdida de la biodiversidad, la acumulación de desechos y residuos sólidos (tóxicos y no tóxicos), etc. Lo más probable es que el deterioro en todas y cada una de estas dimensiones desemboque en un efecto acumulativo compuesto que agrava el proceso de desgaste y mina la capacidad de recuperación de los ecosistemas.

Además uno de los supuestos de la gráfica de Kuznets es que supone que el sendero de crecimiento económico es estable, lo cual casi siempre no ocurre en la mayoría de los países, así muchas economías se mantienen durante largos periodos en la fase ascendente de la hipotética curva ambiental de Kuznets, o en el segmento de máxima presión ambiental. Cuando el daño ambiental es acumulativo, éste

estancamiento en la zona de máxima presión es particularmente gravoso.

5. El quinto problema con la gráfica de Kuznets es que puede existir un desplazamiento de costos ambientales de una economía hacia otra. En este caso, la gráfica de Kuznets, sería una medida incorrecta del impacto de crecimiento económico sobre el medio ambiente.

Por otra parte, el agua, el aire, los suelos, los bosques y la biodiversidad son considerados activos ambientales. La diferencia es prácticamente nula entre activos que son recursos naturales y los que se consideran activos ambientales; los suelos, por ejemplo, son también un recurso natural que puede agotarse por la sobreexplotación agrícola. Esa diferencia puede marcar otras diferencias en la metodología de evaluación ambiental pues el deterioro de los activos ambientales normalmente no va a recibir el mismo valor que el del agotamiento de los recursos naturales. A partir del PIN (Producto Interno Neto) de la economía mexicana se obtiene el producto interno neto ajustado ambientalmente (PINE) a través de las siguientes expresiones: ²⁷⁷

$$PIN = C + In + (X - M)$$

$$PINE = PIN - [Cag + Cdg]$$

Donde:

C = Consumo

In = Inversión

X = Exportaciones

M = Importaciones

Cag = Costo de agotamiento de los recursos naturales

Cdg = Costo por degradación del medio ambiente

Los costos a los que se refiere la fórmula anterior, son el valor monetario asociado al desgaste o pérdida de los recursos naturales y son similares al costo de la depreciación de activos producidos que son utilizados en un proceso productivo. Los costos por degradación o deterioro de los activos ambientales son estimaciones del costo que representa restaurar las condiciones de los diferentes ecosistemas

²⁷⁷ Con base en, José Luis Calva, *op. cit.* p. 27.

para que puedan continuar prestando sus servicios ambientales. Por ejemplo, en el caso de la contaminación de un acuífero o la destrucción de un bosque, el Costo por la degradación del medio ambiente “Cdg” sería el costo de restituir las condiciones naturales y reforestar el bosque.²⁷⁸

Por lo que por ejemplo, en la economía mexicana como en las economías en desarrollo, el producto interno neto se reduce como resultado de que el costo por agotamiento de recursos naturales y deterioro del medio ambiente aumenta.

La extinción de especies destruye la posibilidad de acceder a recursos genéticos valiosos y es muy difícil evaluar el costo de los recursos genéticos que se pierden para siempre. Sin embargo, la dificultad de cálculo no implica la posibilidad para realizar estimaciones. Se podría utilizar, por ejemplo, una fracción razonable de la utilidad y rentabilidad asociada a algunos de los productos, por ejemplo, de la industria farmacéutica derivados de manipulaciones genéticas sobre materiales recogidos en bosques tropicales húmedos para hacer una estimación del costo incurrido por la extinción de las especies. En todo caso, no incluir la pérdida de biodiversidad en los cálculos del PINE es subestimar el costo del deterioro ambiental.²⁷⁹

Según los postulados de Kuznets, se adopta una postura en la cual si se alcanza el punto de transición, la intensidad del deterioro deberá comenzar a disminuir y se alcanzaría el punto en el que el crecimiento del ingreso sería capaz de proveer los recursos para restaurar el daño ambiental. Esa visión de las cosas tiene una estrecha relación con el llamado supuesto de sustentabilidad débil basado en la idea de que el agotamiento de los activos naturales y ambientales puede compensarse con activos producidos. El supuesto de sustentabilidad fuerte sostiene lo contrario: los acervos naturales y ambientales no pueden ser compensados o reemplazados por activos producidos por el hombre y, por lo tanto, en la medida de lo posible deben ser conservados. Si se adopta el supuesto de sustentabilidad fuerte, la gráfica de Kuznets pierde su valor heurístico porque el deterioro ambiental incurrido durante el crecimiento no podrá ser separado.²⁸⁰

Las conclusiones que se derivan para el caso de México son dos: la economía mexicana tardaría mucho en llegar al punto de transición en el que la intensidad en el deterioro ambiental debe comenzar a reducirse. La segunda es que el riesgo de que el deterioro acumulado afecte negativamente el desempeño de la economía es considerable. Juntas estas dos conclusiones indican que por el camino que sigue hoy la sociedad mexicana no sólo no se va a alcanzar un estadio de sustentabilidad,

²⁷⁸ Con base en, *Idem*.

²⁷⁹ Con base en, *Ibid*, p. 28.

²⁸⁰ Con base en, *Ibid*, p. 29, 30.

sino que la probabilidad de sufrir un colapso ambiental y por ende económico es muy alta.²⁸¹

El aprendizaje es que se requiere diseñar y aplicar una estrategia de transición a una dirección de crecimiento con desarrollo sustentable lo más pronto posible. El diseño de esa estrategia debe tomar en cuenta no únicamente las interdependencias entre dimensiones ambientales (agua, suelos, atmósfera y vegetación), sino la conexión con las estrategias de producción de los agentes económicos.²⁸²

Así que en primer lugar, la política macroeconómica debe integrar de manera clara las cuentas nacionales ecológicas, como referencia permanente de las decisiones de la política financiera y fiscal.

Y en segundo lugar, se deben destinar recursos para varios temas de importancia estratégica, entre los que destacan los siguientes tres:²⁸³

1. Se debe proporcionar el apoyo necesario para que la agricultura mexicana pueda desempeñar su papel multifuncional (además de la producción de alimentos y materias primas en la conservación de la agro-biodiversidad, suelos y optimización en el uso de acuíferos).
2. La transición hacia un régimen energético pos-hidrocarburos es otra tarea urgente que demanda una atención inmediata.
3. El manejo de recursos hídricos junto con un uso eficiente del agua, en todos los sectores, incluidos los de la energía, son importantes para paliar los problemas de disponibilidad de agua en el país.
4. La elaboración de las cuentas nacionales ecológicas deben recibir mayor atención y apoyo para que se pueda tener una idea más clara de los costos del deterioro ambiental. Por lo que de éste modo, será posible tener una idea adecuada sobre las implicaciones del deterioro ambiental para el resto de la economía y, sobre todo, para definir prioridades para la sustentabilidad.

²⁸¹ Con base en, *Ibid*, p. 30.

²⁸² Con base en, *Idem*.

²⁸³ Con base en, *Ibid*, pp. 30, 31.

Capítulo 6 Resultados de la Investigación

6.1 Entrevista a especialistas

Para proporcionar un enfoque más amplio, se prepararon tres entrevistas a personas especializadas en materia ambiental, energética y de cambio climático, con el propósito de proporcionar mayor validez y confiabilidad a la presente investigación y así fundamentar los resultados de la misma, haciendo énfasis en la proximidad de la realidad de los temas que se estudiaron. Así mismo, con base en ello y en la información recopilada, se buscó proporcionar respuesta a las hipótesis planteadas al inicio de esta investigación.

6.1.1 Dra. Gloria Soto Montes de Oca:

Institución: Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa

Cargo: Profesora-investigadora

Área de Adscripción: Departamento de Ciencias Sociales

Contacto: g.sotomontes@gmail.com

Tiene un doctorado en University of East Anglia, con especialidad en Economía Ambiental, fue Directora de Análisis e Instrumentos Ambientales en la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ha sido Consejera Ciudadana y de gobierno en la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento en la Ciudad de México, fue Profesora e Investigadora en la Universidad Iberoamericana.

Entrevista

1. ¿Qué estrategias considera usted que son necesarias para abatir el cambio climático?

- Utilización de tecnología que garanticen una mayor eficiencia energética.
- Uso de transporte público masivo bajo en emisiones.
- Producción de energía renovable (eólica, solar, térmica, etc.).
- Reducción del uso de vehículos privado y promoción de vehículos privados con sistemas híbridos y eléctricos.
- Sistemas de control de las emisiones industriales, inversiones en las empresas paraestatales para que modernicen sus sistemas de producción.

- Sistemas de manejo de residuos orgánicos (sólidos urbanos, excretas, etc.) para captura de metano.
- Entre otras que ya contempla la Ley General de Cambio Climático.

2. ¿Por qué se sigue utilizando las energías no renovables?

- Aún no se desarrolla la infraestructura para usar otro tipo de energía en la mayoría de las zonas del país.
- México es rico en petróleo y gas natural, lo que desincentiva las inversiones en energías renovables. El país todavía depende de las exportaciones de petróleo.
- PEMEX es una institución influyente en la toma de decisiones y no le interesa la promoción de energía renovable.
- Los funcionarios de la SHCP y de la Secretaría de Energía aún no están sensibilizados ni tienen a los especialistas suficientes que les permita explorar y promover alternativas de energías limpias.
- El presidente de la República no está comprometido abiertamente con la reducción de emisiones de GEI.
- Las empresas transnacionales hacen lobby para seguir promoviendo el uso de energías fósiles.

3. ¿Cómo se ha venido desarrollando la transición hacia fuentes de energías limpias?

México tradicionalmente se ha comprometido con los acuerdos internacionales ambientales, incluyendo el Protocolo de Kioto que exhortaba a los países a promover políticas que redujeran sus emisiones de GEI, aunque sin metas establecidas. Existen fondos internacionales que financian en condiciones preferenciales o a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio la posibilidad de invertir en energías renovables. También hay empresas transnacionales con experiencia en la producción de energías renovables que han hecho lobby para que se abra este sector. Los actores mexicanos (SEMARNAT, académicos, ONG, etc.) han trabajado durante varios años proyectos en torno al tema. Todo esto ha llevado a que existan inversiones sobre todo en la producción de energía eólica y solar.

4. ¿Qué beneficios económicos se esperan debido a la utilización de energías limpias?

- Generar empleos y actividad económica en un sector económico nuevo.
- El país se puede convertir en un líder regional en la producción de energía renovable, siendo referente para otros países de América Latina.
- Reducir los niveles de contaminación atmosférica, que impactarán en la reducción de gastos en el sector salud y calidad de vida de las familias.

- Reducir la contaminación y pérdida de ecosistemas de la extracción de combustibles fósiles (ejemplo, reducción de contaminación en zonas costeras o afectaciones por fracking)
- México reduce su dependencia de combustibles, sobre todo en caso de que los combustibles fósiles se agoten en el país. Se puede reducir el volumen de importaciones de gasolina a partir del uso de transporte público masivo, uso de bicicleta y uso de vehículos híbridos o eléctricos.

5. ¿Cuál es el futuro de las energías renovables?

Considero que crecerá la producción de energía renovable, pero su tasa de crecimiento en el corto plazo dependerá de que lo establecido en la Ley General de Cambio Climático se convierta en políticas operativas, donde se cobre por la emisión de carbono, y que se aumenten las inversiones públicas en la producción de energía renovable.

6. ¿Qué factores son necesarios para lograr la transición hacia un enfoque sustentable?

Una posición fuerte del Ejecutivo que oriente la toma de decisiones hacia el tema. Fondos internacionales que faciliten las inversiones en la producción de energías renovables y sistemas de producción eficiente.

7. ¿Cuáles son las principales barreras económicas, políticas y sociales para incrementar el uso de energías limpias?

Barreras económicas: subsidios a las energías fósiles para los consumidores, falta de inversiones públicas en la producción de energías renovables, que no se cobre por las externalidades que generan los actores económicos. En este punto, no sancionar las emisiones de CO₂, fomentar el uso de transporte privado, etcétera.

Barreras políticas: falta de sensibilidad y capacitación de la clase política y funcionarios públicos. Lobby de los grupos económicos afectados por políticas de control de emisiones o promoción de energías fósiles.

Barreras sociales: falta de sensibilidad e información de la sociedad sobre los problemas de cambio climático y contaminación. Hábitos arraigados entre la población por las campañas publicitarias de empresas que lucran de mantener prácticas de consumo insustentables (ejemplo, uso de automóviles). Oposición a que se reduzca el subsidio de los combustibles fósiles (electricidad, gasolina, gas, etc.).

.....

6.1.2 M. en C. Domingo Silva Ramírez:

Institución: Medio Ambiente Tecnologías

Cargo: Director General

Área de Adscripción: Ambiental

Contacto:domingosilva35@hotmail.com

Es Ingeniero en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y posgraduado en el Instituto de Investigaciones Ecológicas (INIECO) en Málaga España. Ha participado en el desarrollo de proyectos en la innovación de tecnologías en el tratamiento de aguas residuales en todo el país y centroamérica, así como, proyectos de manejo y restauración ambiental. Es también colaborador en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) en la UNAM, así como también en el Global Water Watch México y Director de Medio Ambiente y Tecnologías.

Entrevista

1. ¿Qué estrategias considera usted que son necesarias para abatir el cambio climático?

Los esfuerzos del gobierno acompañados de la sociedad son nulos, y no tenemos políticas públicas en el país de largo alcance, por lo que, tomar medidas contra el cambio climático, para el futuro del planeta y de la humanidad, está en nuestras manos.

A medida que la población crece, se incrementa la presión humana sobre el medio ambiente con la consiguiente demanda de recursos naturales agua, y bienes de consumo. Si bien es cierto, que el panorama no es nada alentador; primero que nada, debemos estar informados y entender los mecanismos que intervienen en el cambio climático; esto nos permitirá evaluar los posibles efectos positivos y negativos de nuestros actos.

Por otro lado, es cierto que uno de los principales precursores del cambio climático es el calentamiento global y en realidad no podemos dejar de emitir GEI de un día para otro, lo que sí podemos de un día para otro es disminuirlos con acciones tan simples y pequeñas como no usar tan seguido el auto cuando tengamos que hacer recorridos cortos. En casa podemos utilizar electrodomésticos que consuman menos energía, también optar por la utilización de lámparas de bajo consumo (ahorradoras).

En un panorama más general, se pueden utilizar tecnologías menos contaminantes, reemplazando combustibles y sistemas de producción; autos eléctricos, autos de hidrógeno, el uso de paneles solares y energía eólica para la generación de electricidad, el uso de bicicleta, y sobre todo el uso de regaderas y sanitarios con grado ecológico, por

ejemplo, hoy existen inodoros que consumen 4lts por descarga regaderas que con 10 lts proporcionan una ducha confortable.

La complejidad de la situación ambiental demanda formas de acción, estrategias, particularmente de organización y cooperación, que permitan hacer más eficientes los esfuerzos para resolverla, dentro del aparato gubernamental, del nivel que sea. Tales estrategias deberán estar involucradas en el tratamiento de los problemas de conservación, esto también exige sumar ideas y esfuerzos para la sociedad, incluyendo todos aquellos actores, que de una u otra forma, han quedado marginados en la toma de decisiones.

2. ¿Por qué se sigue utilizando las energías no renovables?

La mayor parte de energía que necesitamos para realizar cualquier función la obtenemos de los combustibles fósiles, como el petróleo, carbón y el gas natural y estos son fáciles de extraer, tienen gran disponibilidad y continuidad y son baratas en comparación a otras fuentes de energía. Pero no le brindamos bastante importancia a las consecuencias que el uso de estos nos trae, como por ejemplo: la emisión de gases contaminantes que resultan tóxicos para los seres vivos, además de que se produce un agotamiento de las reservas naturales a corto o largo plazo, y por último y más importante, es que con el uso de éste tipo de combustibles se contamina más de lo que se contamina con cualquier otra fuente de energía, que podría haberse utilizado en su lugar.

Los combustibles fósiles, al no ser renovables, presentan una tendencia a la alza en los precios hasta niveles en los que no sea económicamente satisfactorio su utilización. Yo pienso que se la da un uso muy constante a los combustibles fósiles y la razón es porque son más baratos que otras alternativas que existen en la actualidad. Algunos científicos medioambientalistas tienen la hipótesis de que los precios de los combustibles fósiles aumentarán con el tiempo debido a su escasez en el mercado. Esto puede provocar un cambio hacia fuentes de tecnología alternativa que, de hecho, ya se está empezando a notar.

Por ejemplo, el petróleo como combustible fósil, tendrá siempre un aumento de su valor a lo largo del tiempo, que obviamente beneficiará económicamente a su propietario. Así pasa con todos los combustibles fósiles en general, todo es parte de una estrategia de comercio. Por lo que, comparativamente es más barato el uso de energía no renovable que la renovable.

3. ¿Cómo se ha venido desarrollando la transición hacia fuentes de energías limpias?

La escasez y agotamiento de los recursos energéticos de origen fósil, ha llevado a numerosos analistas a plantear el arribo de la humanidad al “*fin de la era del petróleo barato*”, situación que amenaza con generar tensión e inestabilidad mundial y regional. Ésta situación y la creciente preocupación por la gravedad de las problemáticas asociadas con el fenómeno del cambio climático, que amenaza con causar serios desequilibrios ambientales y sociales en diversas partes del mundo, han obligado a las diversas naciones a comenzar a plantear los escenarios futuros para enfrentar de la mejor manera la transición hacia fuentes renovables de energía. La transición energética ha sido definida como el proceso que conduce a sustituir y a diversificar las fuentes primarias de energía que son utilizadas en el mundo. Refleja también la disponibilidad relativa de los recursos y la economía de su uso, atendiendo sobre todo el precio de mercado y el rendimiento energético, así como factores exógenos como la sustentabilidad ambiental. Así, el proceso de transición debe dirigirse hacia un balance energético más equilibrado, diverso, eficiente y favorable al ambiente, sustituyendo las fuentes energéticas que provienen de recursos fósiles por energías “*limpias*”.

México, debe dar pasos firmes hacia la transición energética. Si bien, el gobierno federal ha anunciado algunas medidas para tratar de hacer frente a ésta problemática, la realidad es que no existe una estrategia coherente que contenga metas más plausibles. Por ello, sostenemos que la cooperación regional en el sector energético ambiental debe convertirse en una opción concreta y viable para transitar hacia una mayor eficiencia energética, disminuir los costos de implementación de fuentes alternas y renovables de energía y mantener límites, así como, establecer precios a la contaminación por la explotación de energías intensivas en carbón.

La estrategia del gobierno mexicano, para producir energías alternas y renovables y reducir la emisión de los gases de efecto invernadero, para hacer frente al cambio climático ha sido, desde nuestro punto de vista, incompleta. Si bien México tiene potencial para aprovechar las energías “*limpias*” (eólica, solar, hidráulica, geotérmica, etcétera), no existe un plan estratégico e integral acerca de cómo se cumplirá con estos objetivos.

Así, en el contexto actual de transición energética, la producción de energías renovables está adquiriendo cada vez mayor importancia en las prioridades de países más desarrollados y con mayor adelanto en la materia. Así mismo, empresas transnacionales están participando en el desarrollo de energía limpia. Por tanto, debemos estar prevenidos para las negociaciones que se avecinan.

Por lo que en realidad, el fondo de la problemática, es la imposibilidad de conciliar dos visiones claramente contrapuestas, tanto de lo que debe ser la estructura institucional del

sector energético en general, como el papel que debe jugar el Estado en el impulso y desarrollo de las fuentes renovables de energía. Por lo que el desarrollo de los renovables, dependerá en la diversificación de los energéticos y en la preservación de los recursos naturales, lo cual debe ser parte de una política de Estado, con una visión estratégica de largo plazo, en la que éste desempeñe un papel protagónico.

4. ¿Qué beneficios económicos se esperan debido a la utilización de energías limpias?

México cuenta con un gran potencial energético el cual debe de ser aprovechado, siendo éste: el sol, el viento, el agua, y el calor de la Tierra. Con este potencial se da la apertura para contribuir a garantizar nuestra seguridad energética y al mismo tiempo unirnos al esfuerzo global del combate al cambio climático.

La participación de las energías renovables permitiría conservar nuestros recursos no renovables y, por lo tanto, posponer el posible momento en que el país se convierta en importador neto de energéticos.

Es posible que muchas personas no puedan permitirse el lujo de comprar electricidad debido a su alto costo, incluso si se trata de electricidad limpia. Sin embargo, la gente está comenzando a utilizar energía limpia cada vez más y, a medida que se perfeccionen los métodos de producción, lo más probable es que sea más fácil y menos costoso producir y utilizar electricidad.

Los sistemas domésticos de energía, que funcionan con energía solar, eólica (del viento), o hidráulica (del agua) son costosos de instalar. Sin embargo, después de instalados, su costo de funcionamiento y mantenimiento es bajo. Los ingresos generados por los aparatos eléctricos que ahorran mano de obra, por ejemplo los molinos de granos y las bombas de agua, y la facilidad para trabajar después de que anochece, generalmente compensan los costos iniciales.

En muchos países la gente concibe métodos que permiten a todos acceder a la energía limpia. Una de las soluciones consiste en crear cooperativas rurales para pagar colectivamente por la energía. Otra solución son los programas de microcrédito. Los programas de microcrédito permiten a las familias pagar por los servicios en cuotas mínimas, en vez de pagar un monto elevado una sola vez. Aportando a un “fondo rotativo de crédito” se cuenta con dinero para ayudar, con el tiempo, a otras personas a instalar la energía eléctrica en sus domicilios.

Ya no existen razones técnicas para que en los países pobres o en las áreas rurales la gente no tenga electricidad; las razones para que aún no tengan este servicio tienen que ver más bien con la falta de justicia social.

5. ¿Cuál es el futuro de las energías renovables?

Los beneficios de la energía renovable son innegables para cualquier país, tanto para proteger nuestro planeta como para lograr la autosuficiencia energética. Su crecimiento, desde principios de siglo, es indudable pero sigue siendo lento. El futuro de la energía depende de las acciones que se realicen en el presente, por lo que es importante hacer esfuerzos hacia una transición energética.

Todos los agentes sociales, tecnológicos e industriales han reconocido la importancia de hacer fuerte un desarrollo mundial equilibrado y sostenible y para ello necesitan desarrollar el uso de las energías renovables.

Las tecnologías de las energías renovables contribuyen decisivamente a la sostenibilidad ya que se garantiza un sistema energético eficiente, respetuoso con el medio ambiente y con un alto grado de aprovechamiento de los recursos disponibles a nuestro alcance. En la actualidad, está aumentando la inversión en las tecnologías alternativas: la energía eólica, es ya una industria que mueve 3,000 millones de dólares y empieza a mostrar sus posibilidades de convertirse en la piedra angular de una nueva economía solar que podría sustituir a los combustibles fósiles. Como muestra, un botón: en los EEUU, la energía eólica se ha esparcido desde California, donde llegó por primera vez y en donde ya hay unos cuantos parques eólicos importantes; China ha abierto su primer parque eólico en Mongolia. Mientras tanto, en Japón y Europa está ganando terreno el uso de células solares, especialmente en los tejados de las casas, para generar electricidad.

México está caminando hacia una transición energética. Las características geográficas favorables podrían proporcionar las condiciones necesarias para convertirlo en un líder de generación de energías renovables. La generación de hidroelectricidad ya representa el 18% de la capacidad de generación eléctrica instalada en México y el 79% de su capacidad instalada de generación eléctrica renovable. El 90% del territorio mexicano presenta una alta irradiación solar debido a que el país se ubica en el cinturón solar pero ahora México explota menos de 1% del potencial fotovoltaico total del país.

En energía geotérmica, México ocupa ya el cuarto lugar a nivel mundial en capacidad instalada, y actualmente la modificaciones en la legislación han permitido atraer el interés de varios inversionistas. La biomasa es otra área donde hay un gran potencial de incrementar el aprovechamiento de ésta fuente de energía, debido a las condiciones

favorables que existen aquí. En algunas zonas del país, el capital eólico es de lo más altos a nivel global. Cabe destacar que varias empresas europeas han instalado parques de energía eólica en México.

México podría aprovechar más estas condiciones favorables para lograr un balance energético más sustentable y equilibrado que no dependa sólo de una fuente. Esto iría en beneficio del medio ambiente, y también ofrecería una mayor estabilidad económica y social trayendo ventajas competitivas para los países que decidan emprender esta transición.

6. ¿Qué factores son necesarios para lograr la transición hacia un enfoque sustentable?

Primero que nada; en el ámbito de la teoría del desarrollo, alrededor de la última década del siglo XX, surge el concepto de desarrollo sustentable, que incorpora a la discusión el carácter ambiental con conceptos sobre estabilidad, resiliencia y adaptabilidad, conjugándolos con el enfoque económico basado en productividad, eficiencia y eficacia y la discusión social sobre equidad. En esta discusión el valor central es la equidad intergeneracional, que implica un legado de capitales social, económico y natural de la presente generación a las siguientes.

El logro de éste valor primordial requiere la comprensión del funcionamiento de los sistemas naturales desde el punto de vista ambiental, y de su conservación desde la actividad socioeconómica.

La sustentabilidad es un concepto que resume los esfuerzos para lograr el desarrollo, productividad y utilidad social a largo plazo; plantea que existen dos paradigmas antagónicos: el del mundo vacío, basado en un enfoque económico centrado en la eficiencia, y el del mundo lleno, basado en un enfoque ecológico y centrado en la intensidad de uso de los recursos. Se plantea un equilibrio entre los dos paradigmas, el del consumo excesivo (ambientalmente no sustentable) dentro de la esfera del dominio humano, y dentro de la esfera de la regulación ambiental, la lucha contra la pobreza (socialmente no sustentable).

El amplio abanico de problemáticas ambientales, económico-sociales y políticas ha trascendido de una escala local a una escala global. Esta situación conlleva el concebir nuevas estructuras, mecanismos de toma de decisiones y una nueva visión filosófica capaz de entender partes y sistemas de un mundo culturalmente rico y cada vez más complejo, en el cual se requiere la acción plausible y urgente del fomento a la acción colectiva, el enlace con los sistemas ecológicos del planeta, la identidad individual, el respeto, la justicia social y la paz. La transición a un modo de vida más sustentable necesita un cambio significativo en la forma en que los problemas son percibidos, definidos y resueltos, basada

en una perspectiva de sistemas abiertos, en la que tanto los problemas como las soluciones se manejen holísticamente.

7. ¿Cuáles son las principales barreras económicas, políticas y sociales para incrementar el uso de energías limpias?

En términos generales, las barreras para la implementación de medidas relativas al uso eficiente de energía y a las fuentes de energía renovables están bien documentadas y se clasifican en cinco tipos: técnicas, regulatorias, económicas, financieras e institucionales. La detección de barreras específicas junto con otras acciones debería constituir la base de las políticas públicas en favor de las fuentes de energía renovables. Supuestamente, a partir de este enfoque, se formularon políticas exitosas en los países industrializados.

Barreras económicas y financieras

Impuestos a la inversión. En algunos países, como los centroamericanos, la necesidad de ampliar la base fiscal ha llevado a que se establezcan impuestos sobre la inversión de las empresas, lo que deja en una posición de desventaja a los proyectos de energías renovables con uso intensivo de capital, en relación con los proyectos convencionales que involucran menos inversión por unidad de capacidad instalada.

Límites demasiado altos para los contratos directos con usuarios de la energía. En la mayoría de los mercados eléctricos liberados de la región, los proyectos pequeños y medianos que pueden ofrecer energía y capacidad al sistema eléctrico se enfrentan con altos costos de ingreso a los mercados mayoristas. Pero también enfrentan otra importante barrera: el límite de potencia para calificar como agente productor o gran consumidor.

Obligación de competir en el mercado spot. Si como se mencionó anteriormente, sólo se puede vender en el mercado spot (aquel en el que el valor del activo financiero se paga al contado en el momento de la entrega), entonces el flujo de efectivo de los proyectos de fuentes de energía renovables se hace muy incierto y dificulta seriamente las posibilidades de financiación.

Altos costos de transacción para los proyectos de fuentes de energía renovables. Los proyectos de aprovechamiento de las fuentes de energía renovables se enfrentan a costos de desarrollo relativamente mayores que los convencionales a partir de combustibles fósiles.

Barreras ambientales

Barreras ambientales intrínsecas a las fuentes renovables que inciden en un aumento de los costos. Directa o indirectamente, las fuentes renovables pueden producir daños ambientales. En el primer caso, por ejemplo, cabe mencionar la elaboración de etanol a partir de la caña de azúcar, que produce una serie de desechos como el licor negro altamente contaminante, y la energía eólica que está provocando en ciertos lugares una mutación severa en los hábitos de las aves migratorias. En segundo lugar, las baterías que acumulan energía solar están compuestas de un alto contenido de plomo, por lo que una vez agotada su vida útil, necesitan someterse a un tratamiento como cualquier otro producto de alta toxicidad.

Altos costos de generación. Dado que hasta ahora en los países de la región no se incluyen externalidades en la asignación de costos, resulta evidente que los costos de generación a partir de fuentes de energía renovables exceden a los de la generación a partir de combustibles fósiles.

Barreras políticas

Como ocurre en gran parte del mundo, en la mayoría de los países de la región, la política energética está, efectivamente, por encima de la política ambiental. En particular, ello se debe a que la política energética busca reducir costos a fin de permitir el desarrollo económico en el corto plazo, mientras que la política ambiental debe cubrir pasivos y mejorar activos ambientales desde una perspectiva de largo plazo.

Reducida institucionalidad respecto de las energías renovables. Ya sea en el marco corporativo o en términos de estructura administrativa y equipos de trabajo, se ha comprobado que justamente en los países que presentan mejores condiciones institucionales para el desarrollo de las energías renovables existen núcleos técnicos y profesionales capacitados, que realizan constantemente actividades dentro de un marco de estrategias claras. En este sentido, la formación y capacitación de recursos humanos en entidades públicas es absolutamente fundamental y debe considerarse una prioridad. Cabe señalar, que los programas de capacitación del personal público en materia de energías renovables, deben abordar, además de los conceptos y las tecnologías, aspectos relacionados con la identificación, el diseño y la evaluación de proyectos, así como la gestión, el financiamiento y las cuestiones ambientales.

Beneficios no reconocidos por las autoridades energéticas. Muchos de los beneficios de los proyectos de energías renovables provienen de aspectos no relacionados con el precio de la electricidad generada, que es la preocupación central e inmediata de las autoridades energéticas. Algunos beneficios derivados del aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, como la regulación y la protección y reforestación de cuencas, el cuidado de los bosques, el desarrollo de las regiones pobres, la creación de empleos bien remunerados,

el cuidado del medio ambiente o el desarrollo de cadenas productivas, no son considerados por quienes toman las decisiones o definen las reglas de participación de los proyectos de energías renovables. Por esta razón, estos beneficios no se contabilizan o bien se ponderan muy poco en las decisiones tomadas, principalmente, por los responsables de la política energética.

Tendencia a privilegiar la extensión de la red por encima del aprovechamiento de las energías renovables. Es bien conocido que muchos puntos que actualmente no cuentan con servicio eléctrico, es más barato tener acceso a la energía eléctrica a partir de sistemas aislados que funcionan con energías renovables, que a partir de una extensión de la red centralizada. Sin embargo, quienes toman las decisiones de electrificación rural siguen privilegiando la extensión de la red, muchas veces porque esa es la capacidad que tienen.

Los proyectos orientados a una mayor eficiencia en el uso de la leña y la producción de etanol pueden tener un peso importante en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el alcance de los criterios establecidos para establecer la adicionalidad requerida por los mecanismos del Protocolo de Kyoto, para participar en el mercado de reducciones de emisiones de gases de efecto de invernadero, no permiten evaluar el impacto global de estos proyectos.

Barreras sociales

Rechazo social a los proyectos hidráulicos con embalse. Pese a su inherente valor ambiental, las instalaciones de generación de electricidad hidráulica con embalse son rechazadas. Ello se debe a la forma en que se desarrollaron este tipo de proyectos en el pasado, que incluía, entre otras acciones radicales, el desalojo no negociado y pobremente resarcido de comunidades enteras, principalmente indígenas, y la destrucción de la flora y fauna en las zonas adyacentes a los embalses.

Capacidad de pago heterogénea. En el contexto actual del desarrollo de la industria eléctrica en la región, uno de los problemas más serios es el de la heterogeneidad social. En ciertos países y zonas, la tradición del subsidio, la debilidad de las instituciones y el manejo político de las necesidades de la población constituyen una barrera importante para que los proyectos que aprovechan las energías renovables en la electrificación rural sean económicamente sustentables.

Las grandes disparidades sociales y la situación de pobreza en grandes sectores de la población implican proceder con mucha cautela a la hora de fijar subsidios focalizados. Pero es ya bien reconocido que los proyectos de electrificación rural requieren que las comunidades se apropien del valor de este tipo de instalaciones, lo que no se logra cuando no tiene un costo para la comunidad.

.....

6.1.3 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC):

Mtro. Yaser Vicente (Cooperación Mexicana, Costeo del Sector Eléctrico ante la ONU)

Mtra. Julia Naimé (Subdirectora de Ecología y Cambio Climático)

L.C.A Yusif Salib Nava (Subdirector de Variabilidad y Cambio Climático)

Dra. Paola García (Adaptación y Vulnerabilidad Ecosistémica)

Biol. José Machorro (Oficina de Servicio Ambiental, Ecología y Adaptación)

Contacto: contacto@inecc.gob.mx

El INECC fue creado como un organismo de investigación del Estado mexicano, cuyo fin es el de generar e integrar el conocimiento técnico y científico sobre mitigación y adaptación al cambio climático, así como sobre ecología, crecimiento verde, calidad del aire y salud en relación con el medio ambiente.

Al realizar el primer contacto para una solicitud de entrevista, el personal que se sugirió fueron de 5 especialistas en virtud de que cada uno de ellos podría aportar diferentes enfoques y conocimientos de acuerdo a su área de especialidad en materia ambiental y de cambio climático.

Entrevista

1. ¿Qué estrategias considera usted que son necesarias para abatir el cambio climático?

Sin lugar a dudas la actividad humana ha acelerado el cambio climático, los espectros no se pueden adaptar para mitigar las emisiones más eficazmente hasta el momento. Existe cada vez una mayor radiación atrapada justamente debido al incremento de los gases de efecto invernadero lo que trae como consecuencia un incremento en la temperatura, y esto a su vez genera el cambio climático.

Las estrategias que son necesarias para controlar en una primera etapa, y mitigar posteriormente el cambio climático, consisten en establecer Inventarios de Emisiones para poder medir sus impactos y establecer mecanismos de control. Existen, por ejemplo, registros de emisiones en los sectores agrícola, forestal, energético, modificación del clima, en diversos lugares del país.

Se han creado programas de capacitación en los temas de adaptación y se han diseñado estrategias de sensibilización en las comunidades más proclives a recibir los impactos por este fenómeno climatológico.

2. ¿Por qué se sigue utilizando las energías no renovables?

Hasta el momento todavía han sido muy costosas las energías renovables, y las empresas que trabajan en ello no han encontrado hasta el momento la debida renta en sus proyectos de inversión, por lo que el desarrollo ha sido lento y paulatino, principalmente debido a los costos implicados en la implementación de tecnología que produzca energía limpia.

Si bien es cierto que el marco normativo en nuestro país ha impulsado la innovación tecnológica, todavía no presenta un gran impacto para la sociedad en general.

Otro aspecto que limita la utilización de energías limpias es que de manera cultural, por usos y costumbres se emplean combustibles fósiles, sin tener la debida apertura a otras fuentes disponibles de energía limpia.

3. ¿Cómo se ha venido desarrollando la transición hacia fuentes de energías limpias?

Como ya se ha venido comentando la transición hacia fuentes de energías limpias está en una etapa inicial, en la cual todavía no alcanza su debido crecimiento para pasar a un estado de plena madurez, debido a los altos costos que representan para la empresa y debido a que no existen verdaderos incentivos ni estrategias a nivel mundial que impulsen el desarrollo y uso de energías limpias.

4. ¿Qué beneficios económicos se esperan debido a la utilización de energías limpias?

Sin lugar a dudas el incremento de empleos va a ser un factor de gran impacto que detone la utilización de energías limpias. Aunado a que se espera una disminución en la pérdida de biodiversidad. Además, algo muy importante es que con la apertura hacia nuevas tecnologías se logrará abatir los costos en el PIB para México, y esto es algo de suma importancia porque se logrará reinvertir dichos beneficios para incrementar y/o recuperar la biodiversidad.

5. ¿Cuál es el futuro de las energías renovables?

Los gobiernos de cada país jugarán un papel importante en la creación de programas y proyectos tendientes a fomentar la creación y uso de tecnologías para el desarrollo de energías limpias, así como también, el establecimiento de indicadores con el objeto de medir recurrentemente los impactos para corregir y mejorar el medio ambiente.

Se espera llegar para el año de 2024 al 35% de utilización de tecnología que produzca energías limpias.

6. ¿Qué factores son necesarios para lograr la transición hacia un enfoque sustentable?

Es urgente recuperar los ecosistemas a nivel mundial y desde luego en México, para tal fin, será necesario difundir la importancia en la utilización de energías limpias. Por lo que reviste especial importancia iniciar una cultura sustentable en todos los sectores del país. Desde luego, el sector educativo jugará también un papel esencial en concientizar a las nuevas generaciones en el cuidado del medio ambiente.

Así mismo, será importante evitar el consumismo innecesario, que provoca una excesiva carga para el planeta, además, genera enormes cantidades de desperdicio que contaminan al planeta, por lo que se deberá difundir también la reutilización.

También será necesario, la creación de modelos que establezcan la debida valoración de los activos naturales, en los que se precise el pago justo por el consumo de los ecosistemas.

7. ¿Cuáles son las principales barreras económicas, políticas y sociales para incrementar el uso de energías limpias?

El problema es realmente estructural, en vista de que no hay suficiente tecnología que mitigue el cambio climático, además están implícitos todos los sectores del país. Por lo que el alto costo de la nueva tecnología, y el rezago en la creación de programas importantes que impulsen el desarrollo de las energías limpias, aunado a la falta de concientización de la sociedad, han provocado un lento avance para combatir el cambio climático.

Así mismo, el traslado de energía ha sido siempre el tradicional por lo que el vivir de la nueva tecnología implica un cambio profundo en los hábitos de cada persona.

.....

En la siguiente página se muestra en forma resumida los aspectos más relevantes, que a juicio de éste grupo de expertos, han impedido la implementación de un enfoque sustentable, así como también los beneficios económicos que se esperan por el uso de energías renovables.

6.1.4 Matriz de resultados de las entrevistas

	<i>Dra. Gloria Soto</i>	<i>Domingo Silva</i>	<i>INECC</i>
<i>Estrategias para abatir el cambio climático</i>	<p>Tecnología que promueva la eficiencia energética</p> <p>Uso de transporte público masivo</p> <p>Manejo de residuos contaminantes</p>	<p>Estudio de los mecanismos que intervienen en el cambio climático</p> <p>Tecnología menos contaminante</p> <p>Autos eléctricos</p> <p>Organización y cooperación en materia ambiental</p>	<p>Establecimiento de inventarios de emisiones para su control</p> <p>Programas de sensibilización a las comunidades</p>
<i>Persistencia en el uso de energías no renovables</i>	<p>Falta de infraestructura para el uso de energías limpias</p> <p>Riqueza en combustibles fósiles</p> <p>Falta de sensibilización en problemas ambientales</p>	<p>Relativamente los combustibles fósiles son baratos en comparación con otras fuentes de energía renovable</p> <p>Beneficios económicos que conlleva todavía el uso de energía no renovable</p>	<p>Debido al alto costo de las energías renovables</p> <p>El factor cultural representa todavía un apego a las fuentes tradicionales y esto ha sido una limitante</p>
<i>Desarrollo hacia la transición de fuentes de energías limpias</i>	<p>Hoy en día existen un creciente aumento en el volumen de inversiones en energías renovables</p>	<p>Lento debido a la falta de estrategias claras y coherentes, sin embargo empieza a haber un mayor número de inversionistas en el sector de energías limpias</p>	<p>Se encuentra en una etapa inicial y todavía no alcanza su pleno desarrollo ni mucho menos cierta madurez</p>

6.1.4a Matriz de resultados de las entrevistas

	<i>Dra. Gloria Soto</i>	<i>Domingo Silva</i>	<i>INECC</i>
<i>Beneficios económicos por la utilización de energías limpias</i>	<p>Generación de empleos y activación de la economía</p> <p>Potencial para que México se convierta en líder regional en la producción de energía</p>	<p>La ubicación geográfica representa un enorme potencial para el desarrollo de energías renovables</p> <p>Establecimiento de microcréditos para el beneficio de las comunidades</p>	<p>Aumento de empleos</p> <p>Abatir los costos en el PIB</p>
<i>Futuro de las energías renovables</i>	<p>Se espera que aumenten las inversiones públicas en la producción de energía limpias</p>	<p>Aumento cada vez mayor en las inversiones de energías renovables</p> <p>Mayor aprovechamiento de las condiciones geográficas para la generación de energías renovables</p>	<p>El gobierno desempeñará un papel importante en la creación de programas y proyectos para el desarrollo de energías limpias</p>
<i>Factores hacia la transición de un enfoque sustentable</i>	<p>Creación de fondos internacionales de inversión</p>	<p>Nueva visión hacia un enfoque sustentable</p>	<p>Iniciar una cultura sustentable en todos los sectores de la sociedad</p>
<i>Barreras económicas, políticas y sociales para incrementar el uso de energías limpias</i>	<p>Subsidios a los combustibles fósiles para los consumidores, falta de sensibilidad política y carente información para la sociedad</p>	<p>Alto costo, falta de una política sustentable adecuada y situaciones de pobreza evitan el uso de energías limpias</p>	<p>Alto costo en la nueva tecnología falta de programas adecuados y una débil concientización en la sociedad</p>

Como se puede apreciar en la matriz anterior, gran parte de la problemática que impera tanto para abatir los impactos por el cambio climático como para establecer un enfoque sustentable en todos los sectores del país, se debe a la falta de interés político, así como, al establecimiento de una estrategia clara en materia energética ambiental. Sin embargo, si se pueden dilucidar importantes beneficios económicos con el desarrollo y empleo de la tecnología limpia, para un futuro inmediato, en vista de que se esperan grandes inversiones extranjeras en los sectores eólico, solar y geotérmico y esto, sin duda alguna, propiciará una activación importante de la economía con la consiguiente generación de empleos.

En sí, cada uno de los especialistas que se entrevistaron coinciden en que los beneficios económicos han quedado cortos de acuerdo a las expectativas de las necesidades que presenta el país y ni que decir de los beneficios ambientales, los cuales son todavía muy pocos dentro de un esquema sustentable. Aunado a lo anterior, se sigue presentando un enfoque correctivo sobre los impactos del calentamiento global más bien que preventivo, por lo que la mayoría de los recursos son destinados a subsanar los daños de éste fenómeno climatológico.

Por otro lado, también se señaló que existe una creciente tensión política no sólo en México sino a nivel internacional, dado que varios países basan su economía en la producción y venta del petróleo lo cual representa una dependencia muy marcada en los combustibles fósiles y no en las energías renovables. Por lo que al presentarse continuas fluctuaciones en los precios del petróleo genera problemas para la economía de estos países.

También, de acuerdo a este grupo de expertos entrevistados, hace falta un mayor interés por parte de las autoridades para crear tecnología que mitigue los impactos por el cambio climático. Por lo que para acceder a la transición hacia la sustentabilidad deberá existir una mayor participación de todos los sectores del país, social, educativo, económico y político para crear una cultura que converja en los valores ambientales de conservación y preservación de los ecosistemas.

Al tomar las debidas medidas de manera inmediata se logrará evitar mayores daños al medio ambiente, no obstante al hacerlo ahora los resultados favorables serán paulatinos y dentro de unos años, por lo que entre más se retarde el proceso de intervención de los sectores ya mencionados, en pro del medio ambiente, más se dilatarán en obtener los beneficios esperados.

A continuación se procederá a analizar respuesta las hipótesis planteadas dentro del protocolo al inicio de la investigación, con base en la información recopilada, tanto en los temas tratados como en las entrevistas realizadas.

H1 Los beneficios económicos y ambientales han sido pocos debido a que los costos que se han generado, han sido cada vez mayores para resarcir los daños ocasionados por el cambio climático y las inversiones para prevenir los impactos han sido escasas aunado a una continua pérdida de la biodiversidad.

6.2 Costos del cambio climático para la economía mexicana por el uso de combustibles fósiles

El cambio climático presenta costos significativos para la economía mexicana, que bien pudieran utilizarse para cubrir otras necesidades apremiantes e inmediatas, no obstante, si no se actúa en el corto plazo los costos pudieran todavía ser mayores.

Aunado a lo anterior, las inversiones que se hacen continuamente, más bien están encaminadas a satisfacer las crecientes demandas energéticas pero de combustibles fósiles y no en la misma proporción para energías renovables.

Si bien es cierto que la inversión en tecnología renovable en el país llegó a los cuatro mil millones de dólares, para el año 2015, consolidándose dentro de los 10 países a nivel mundial con importantes inversiones en tecnología renovable, todavía está lejos de alcanzar a cubrir las necesidades que demanda un enfoque sustentable. Además, si se instalaran celdas fotovoltaicas en el norte del país, del orden de unas cien mil hectáreas se podría cubrir al 100% el abasto de energía que se demanda.¹

En contraste con lo antes mencionado, por ejemplo, según los expertos en la materia, las naciones tendrán que invertir cerca de \$360,000,000,000.00 dólares por año, en exploración y extracción de combustibles fósiles para cubrir el desabasto principalmente en las naciones con grandes expectativas de crecimiento económico.²

De tal manera que se sigue apostando por los combustibles fósiles en vez de invertir grandes cantidades de dinero en energías limpias. A continuación se analizan los costos ambientales vinculados al PIB, para proporcionar una idea de lo que ha supuesto abatir los efectos ocasionados por el cambio climático en nuestro país:

De acuerdo a la tabla 6.1 y a las gráficas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4, se observa con base en las cuentas económicas y ecológicas de México 2003 a 2014 (INEGI), la evolución del Producto Interno Bruto en México (PIB), en pesos corrientes de 2003 a 2014, en miles de millones de pesos, y

¹ Con base en, Alto Nivel, México podría ser una potencia en energía renovable, México, 2014, <<http://www.altonivel.com.mx/42784-mexico-podria-ser-una-potencia-en-energia-renovable/>>, (20 octubre 2017), [s.p.].

² Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, p. 56.

los costos por agotamiento y degradación ambiental,³ así como los gastos en protección ambiental, los cuales son las erogaciones reales en prevención y remediación de daños ambientales, éstos tres, representaron los porcentajes como parte del PIB, de 2003 a 2014:⁴

Tabla 6.1 Impacto de los costos ambientales en el PIB Ecológico a precios de mercado (2003-2014, en miles de millones de pesos).

	PIB	Costos por degradación ambiental	Costos por agotamiento de los recursos	Gastos en protección ambiental
Total acumulado 2003 a 2014	148,740,750.00	7,660,739.00	1,967,011.00	1,225,125.00
Porcentaje de participación	100%	5.15%	1.32%	0.8%

Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, México, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserpadre=10200170&d10200170#D10200170>>, 2012, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

Por lo que para conseguir el equilibrio ecológico y ambiental, hay que reducir el efecto de las actividades económicas sobre el medio ambiente y aumentar el gasto en prevención y remediación de daños ambientales.

También, en la tabla anterior (6.1), se presenta los resultados del Producto Interno Bruto Ecológico en México, a precios de mercado⁵ desde el año 2003 a 2014, en la cual se observa que el total acumulado asciende a \$148,740,750,000.00, con incrementos importantes cada año en todo éste periodo de tiempo. Igualmente se observa que los costos por degradación ambiental se ubican en \$7,660,739,000.00, (5,15%); en cuanto a los costos por agotamiento de los recursos fueron de \$1,967,011,000.00, (1,32%); y los gastos en protección ambiental totalizaron \$1,225,125,000.00 (0,8%).

Como se puede observar, en la gráfica 6.1, la evolución del PIB neto ecológico a precios de mercado, desde el año 2003 a 2014, ha venido en aumento desde el año base 2003, llegando

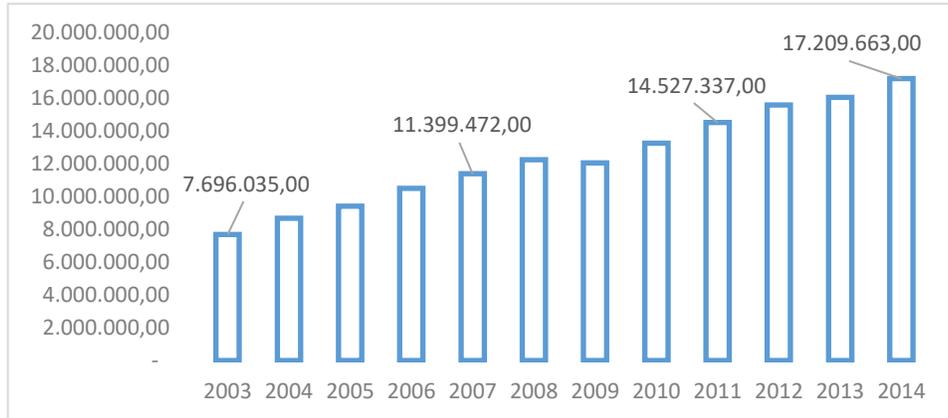
³ Éstos se definen como costos equivalentes a las erogaciones que la sociedad en conjunto tendría que efectuar para remediar y/o prevenir el daño al medio ambiente como resultado de las actividades propias del ser humano, con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), México, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserpadre=10200170&d10200170#D10200170>>, 2012, (09 de agosto de 2016), [s.p.], citado por José Luis Calva, (Coord), et. al., *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable, Análisis Estratégico para el Desarrollo*, México, Consejo Nacional de Universitarios, Volumen 14, 2012, p. 11.

⁴ Con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), *op. cit.*, [s.p.].

⁵ El Producto Interno Bruto Ecológico, es un indicador que cuantifica en términos monetarios, el impacto en el PIB debido al agotamiento y deterioro de los recursos naturales.

a \$17,209,663,000.00 lo cual repercute en la economía mexicana de manera desfavorable, porque esas cifras sólo se usan para resarcir los daños en vez de prevenir.

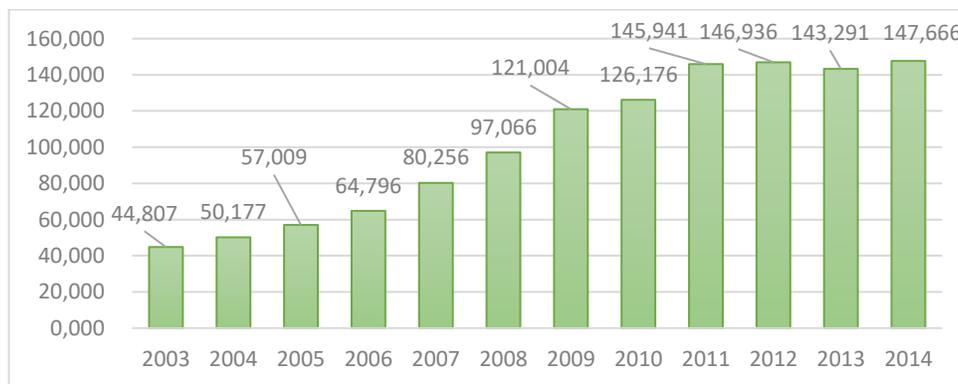
Gráfica 6.1 Evolución del PIB neto ecológico a precios de mercado 2003-2014 (en miles de millones de pesos).



Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, México, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserpadre=10200170&d10200170#D10200170>>, 2012, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

En la gráfica siguiente (6.2) se puede apreciar la evolución del gasto por concepto de protección ambiental, el cual al final del año 2014 se ubicó en 147,666,000.00 pero el total acumulado en todo ese periodo de tiempo alcanzó la cifra de 1,225,125,000.00.

Gráfica 6.2 Gasto en protección ambiental 2003-2014 (en millones de pesos).



Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, México, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserpadre=10200170&d10200170#D10200170>>, 2012, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

Los costos por agotamiento del 2003 al 2014 ascendieron a 1,967,011,000.00, y el año en el que se alcanzaron las cifras más elevadas fue el año 2008 (gráfica 6.3), así mismo, se observa una disminución notable para el año 2014 con respecto a los años 2008 y 2012.

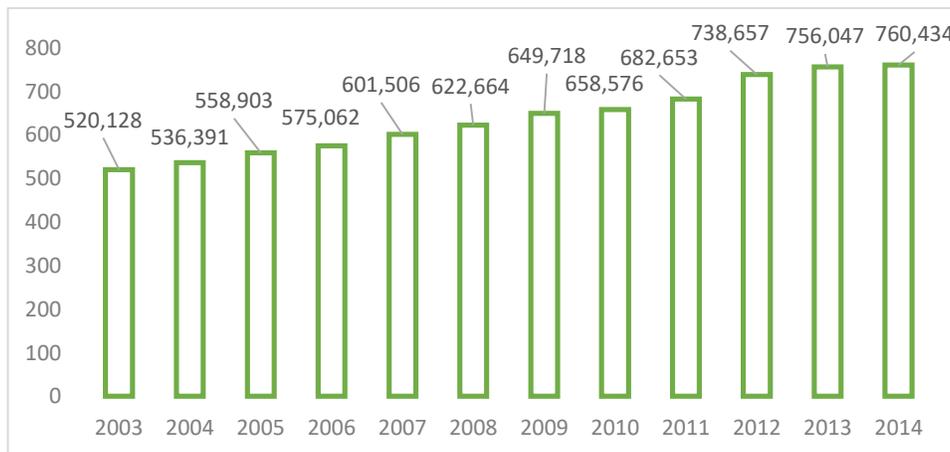
Gráfica 6.3 Costo por agotamiento de los recursos 2003-2014 (en millones de pesos).



Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, México, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserpadre=10200170&d10200170#D10200170>>, 2012, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

En la gráfica siguiente, (6.4), se presentan los costos por degradación ambiental en el periodo comprendido de 2003 a 2004, en millones de pesos y como se puede observar éstos ascienden a \$760,434,000.00, al final del año 2014 y el total acumulado, fue de \$7,660,739,000.00.

Gráfica 6.4 Costos por degradación ambiental 2003-2014 (en millones de pesos).



Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, México, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserpadre=10200170&d10200170#D10200170>>, 2012, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

El costo total por el impacto del cambio climático en el mismo periodo de referencia mencionado anteriormente, ascendió a 7.27 por ciento. Sin embargo, se estima que el costo por el impacto del cambio climático podría aumentar todavía más hasta llegar al 10 por ciento del PIB.

Por otra parte, con base en las cuentas económicas, ecológicas y ambientales del INEGI, en lo concerniente a los resultados totales por agotamiento y degradación ambiental, en la tabla 6.2, se presenta información sobre el impacto del ambiente y los recursos naturales como consecuencia de las actividades del hombre, las cuales están vinculadas a las principales variables macroeconómicas obteniendo con ello el Producto Interno Bruto Neto Ajustado Ambientalmente (PINE), con base en, la determinación del monto de los costos por el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente.⁶ Como se observa en la tabla 6.2, la pérdida y deterioro del capital natural está en relación con el aumento de los costos económicos y por lógica está implícito el agotamiento de los recursos y deterioro ambiental.

Tabla 6.2 Resultados totales por agotamiento y degradación ambiental de 2003 a 2015 (en millones de pesos y porcentajes).

Año	PIB a precios de mercado*	PIB Ecológico (PIBE)*	Costos totales por agotamiento y degradación ambiental(CTADA)	Gastos en protección ambiental (GPA)	PIBE/PIB	CTADA/PIB	GPA/CTADA	GPA/PIB
2003	7,696,035	7,047,977	648,058	44,807	91.6	8.4	6.9	0.6
2004	8,690,254	7,992,899	697,356	50,177	92.0	8.0	7.2	0.6
2005	9,424,602	8,665,728	758,874	57,009	91.9	8.1	7.5	0.6
2006	10,520,793	9,719,936	800,857	64,796	92.4	7.6	8.1	0.6
2007	11,399,472	10,543,335	856,137	80,256	92.5	7.5	9.4	0.7
2008	12,256,864	11,341,867	914,997	97,066	92.5	7.5	10.6	0.8
2009	12,072,542	11,240,537	832,005	121,004	93.1	6.9	14.5	1.0
2010	13,266,858	12,391,984	874,874	126,176	93.4	6.6	14.4	1.0
2011	14,527,337	13,598,228	929,109	145,941	93.6	6.4	15.7	1.0
2012	15,599,271	14,612,663	986,608	146,936	93.7	6.3	14.9	1.0
2013	16,078,960	15,169,821	909,139	143,291	94.3	5.7	15.8	0.9
2014	17,217,016	16,326,057	890,958	146,884	94.8	5.2	16.5	0.9
2015	18,194,758	17,287,285	907,473	141,933	95.0	5.0	15.6	0.8

*En miles de millones de pesos

Fuente: Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Principales resultados e indicadores derivados, México, <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/>>, 2015, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

⁶ Con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), México, <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/>>, 2015, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

Como se puede observar en la tabla anterior la diferencia entre la columna del PIB a precios de mercado y la columna del PIB Ecológico (PIBE) arroja como resultado la tercera columna de los costos por agotamiento y degradación ambiental (CTADA), los cuales se situaron al final de 2015 en 907,473,000.00 pesos. En lo que respecta a los gastos en protección ambiental éstos se ubicaron en 141,933,000.00 pesos en el mismo año. Si bien es cierto que estos últimos gastos han decrecido en los últimos cinco años, al comparar la evolución desde el año 2003, se ha visto un incremento en casi 100 millones de pesos.

En la tabla siguiente, (6.3), se presenta el desglose de conceptos por agotamiento y degradación ambiental, en la cual, el rubro que más impacta al PIB es el de la contaminación atmosférica con el 3.2% (577,698,000.00).

Tabla 6.3 Costos totales por agotamiento y degradación ambiental al final de 2015 (en millones de pesos).

Concepto	Millones de pesos	Agotamiento	Degradación
		% respecto al PIB	
PIB	18,194,758		
Hidrocarburos	79,175	0.4	
Recursos forestales	15,658	0.1	
Agua subterránea	27,883	0.2	
Contaminación del aire	577,698		3.2
Contaminación del agua	57,403		0.3
Residuos sólidos	61,253		0.3
Suelo	88,402		0.5

Fuente: Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), PIB y cuentas nacionales, económicas y ecológicas, México, <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/>>, 2015, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

Así mismo también, otros rubros que tienen un impacto significativo, en la tabla 6.3, es la degradación del suelo, los hidrocarburos, los residuos sólidos y la contaminación del agua, todos ellos con costos respecto al PIB en 0.5, 0.4, 0.3 y 0.3% respectivamente.

En la tabla siguiente, 6.4, se observa la evolución de los costos de mitigación de las emisiones atmosféricas respecto al PIB de 2003 al 2015. Como se puede notar, las cifras registran un incremento constante con una tasa promedio de crecimiento anual de 2.4% con excepción de los años de 2008 y 2014 en los cuales se registró una disminución con los años previos 2007 y 2013

respectivamente. Sin embargo como el PIB en México ha venido presentando incrementos año tras año, los costos de mitigación en porcentajes se han mantenido a la baja.

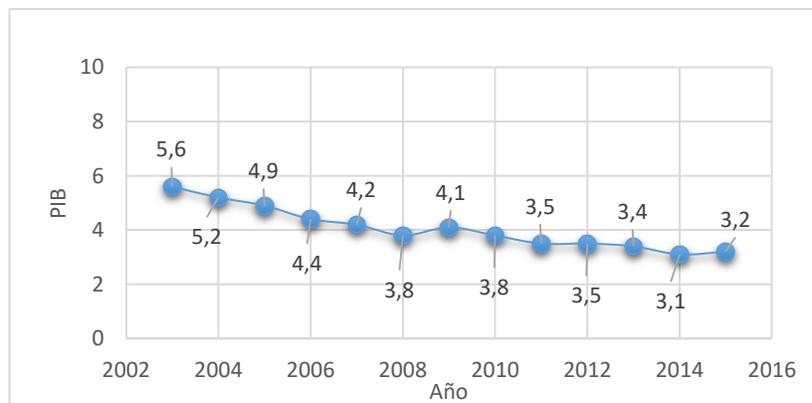
Tabla 6.4 Costos de mitigación de las emisiones atmosféricas respecto al PIB, 2003-2015, en millones de pesos.

Año	PIB a precios de mercado (miles de millones)	Costos de mitigación	Costos de mitigación / PIB a precios de mercado (%)
2003	7,696,035	434,221	5.6
2004	8,690,254	448,256	5.2
2005	9,424,602	459,564	4.9
2006	10,520,793	465,955	4.4
2007	11,399,472	477,757	4.2
2008	12,256,864	467,155	3.8
2009	12,072,542	498,206	4.1
2010	13,266,858	498,763	3.8
2011	14,527,337	511,804	3.5
2012	15,599,271	546,741	3.5
2013	16,078,960	548,345	3.4
2014	17,217,016	541,956	3.1
2015	18,194,758	577,698	3.2

Fuente: Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Costos de mitigación de las emisiones atmosféricas respecto al PIB, 2003 a 2015, México, <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/>>, 2015, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

En la gráfica 6.5 se aprecia la evolución de los costos de mitigación de 2003 a 2015 en porcentaje y como se comentó en el párrafo anterior, se observa una tendencia a la baja pero esto se debe al incremento en el PIB y no a la disminución de los costos de mitigación.

Gráfica 6.5 Costos de mitigación / PIB a precios de mercado en millones de pesos (2003-2015).



Fuente: Elaboración propia con base en, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, (INEGI), Costos de mitigación de las emisiones atmosféricas respecto al PIB, 2003 a 2015 México, <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/>>, 2015, (09 de agosto de 2016), [s.p.].

6.3 Beneficios económicos para la economía mexicana por el uso de energía renovable

En términos de los costos evitados, que lógicamente se traducen en beneficios económicos para la economía mexicana y en general para la región de América Latina, y que están relacionados con el uso de energías limpias, especialmente en lo referente a la energía eólica y solar, se puede decir que los costos económicos por la reducción de emisiones oscilan en USD\$ 0.14/kWh.⁷

Las energías renovables también pueden reforzar los ingresos del país mediante el ingreso por concepto de inversión extranjera directa (IED). Así mismo, la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables puede representar una reducción de costos en un USD\$ 0.01/kWh debido a la reducción de las importaciones de combustibles fósiles o también debido al aumento de las exportaciones de ésta fuente de energía.

Adicionalmente el aumento de empleos por el uso de energías renovables, representa un beneficio económico equivalente en un USD\$ 0.01/kWh.

Por lo que los resultados arrojan cifras, respecto a los beneficios económicos para la sociedad en un USD\$ 0.285/kWh. En la siguiente tabla se puede observar el resumen de los beneficios económicos por el uso de fuentes de energía limpias:

Tabla 6.5 Beneficios de las energías renovables para la sociedad, en América Latina y el Caribe al final de 2014.

Costos evitados por el cambio climático	Centavos de USD\$/kWh
Costos evitados en emisiones	13.7
Costos evitados en adaptación al cambio climático	21.5
Contaminación evitada	

⁷ Con base en, Walter Vergara, *et. al.*, *Beneficios para la Sociedad de la adopción de fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), División de Cambio Climático y Sostenibilidad, División de Energía, Nota Técnica, No. IDB-TN-623, [s.l.e.], 2014, p. 5.

Reducción de costos en medidas de control de contaminación del aire	12.0
Seguridad energética	
Costos evitados en volatilidad de los precios del petróleo (valor de la cobertura de riesgo de fluctuación de los precios de los combustibles)	0.0041-0.0095
Económicos	
Mejora de la balanza de pagos	1.22
Creación neta de empleo	1.16
Total (incluyendo impactos climáticos)	28.5
Total (sin incluir impactos climáticos)	17.7

Elaboración propia con base en, Walter Vergara, *et. al.*, *Beneficios para la Sociedad de la adopción de fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), División de Cambio Climático y Sostenibilidad, División de Energía, Nota Técnica, No. IDB-TN-623, [s.l.e.], 2014, p. 6.

En términos generales los beneficios económicos para la sociedad son lo bastante prometedores, tan es así que se justifica la adopción de manera masiva de tales fuentes de energía renovables. De ahí la importancia de adoptar tecnología que mitigue el cambio climático, por lo que es imprescindible, que se tome en cuenta el enorme potencial, en cuanto a beneficios económicos, a la hora de diseñar las políticas públicas. Así mismo, el uso de energía limpia constituye una seguridad para la economía ya que con el uso de combustibles fósiles, se requiere cuantificar los costos y el diseño de planes de cobertura contra las fluctuaciones en los precios de los combustibles que normalmente son muy frecuentes y atentan contra la política económica del país.

H2 El agotamiento de las reservas de combustibles fósiles en México y en algunos sectores económicos del mundo ha derivado en crisis económicas y tensiones políticas, las cuales han repercutido en fluctuaciones muy marcadas en los precios de los combustibles.

6.4 Evolución de la energía no renovable

En la tabla 6.5 se observa el resumen de reservas, producción y consumo de los combustibles fósiles al final de 2011, en la cual se destaca que México contaba con reservas de petróleo, gas natural y carbón, para 10.6, 6.7 y 77 años respectivamente, a partir de ese año; por lo que ésta disminución presenta un panorama poco halagador y además de que se siguen haciendo exploraciones para encontrar nuevos yacimientos de éstos hidrocarburos, en vez de destinar esos recursos al desarrollo de nuevas fuentes energéticas.

Aunado a lo anterior las fluctuaciones en los precios del petróleo han sido muy marcadas debido a especulaciones de algunos organismos internacionales y también precisamente debido a la baja en la producción de hidrocarburos en algunos sectores económicos incluido México. En la gráfica 6.7 se aprecia las fluctuaciones en los precios del petróleo desde 2006 al 2016.

En el caso de Sur y Centro América, ésta región cuenta con reservas, de éstos hidrocarburos para para 100, 45.2 y 125 años, respectivamente, como promedio. En el caso del Medio Oriente sus reservas ascienden a 78.7, 100 y 126, años también de manera respectiva y como promedio. En el caso de África, sus reservas son de la siguiente manera 41.2, 71.7 y 126, en ese mismo orden. En la tabla 6.5, se puede notar el concentrado de reservas de petróleo, gas y carbón, por país y región al final de 2011.⁸

Así mismo, en la gráfica 6.6 se observa que México posee todavía un importante volumen en sus reservas de petróleo, gas y carbón en comparación con otros países e inclusive regiones.

Por ejemplo, posee poco menos de reservas en petróleo que la región Asia Pacífico y en lo que respecta a gas, tiene un nivel aceptable en este rubro en comparación con otras regiones. Y en cuanto al volumen de carbón sus reservas se sitúan para 77 años casi alcanzando el nivel de otras regiones.

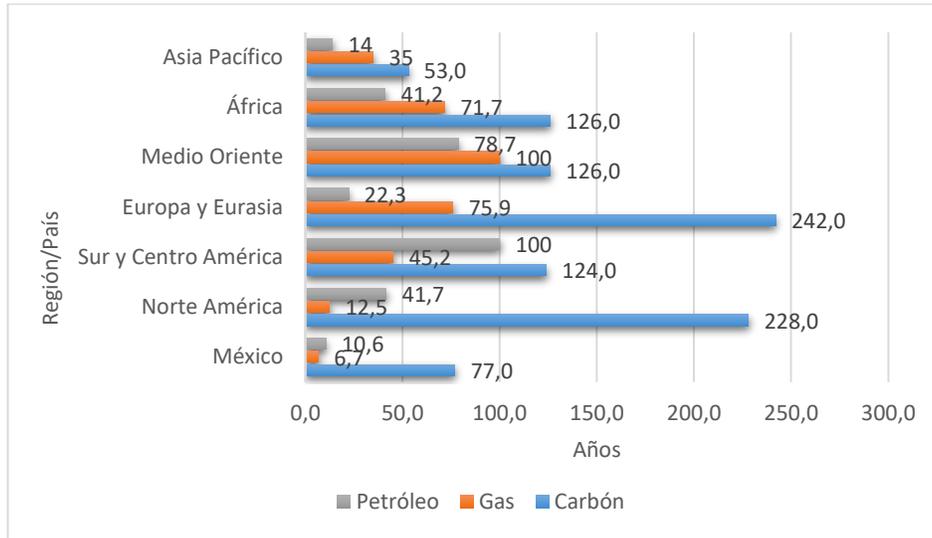
⁸ Con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *Statistical Review of World, Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

Tabla 6.6 Concentrado de reservas, producción y consumo de las energías no renovables al final de 2011.

Petróleo				Gas Natural			Carbón		
									
Reservas		Producción	Consumo	Reservas		Producción	Consumo		
País /Región	Años / Al final de 2011	En Millones de barriles diarios / Al final de 2011	En Millones de barriles diarios / Al final de 2011	Años / Al final de 2011	En Billones de pies cúbicos diarios / Al final de 2011	En Billones de pies cúbicos diarios / Al final de 2011	En millones de toneladas / Al final de 2011	En millones de toneladas / Al final de 2011	En millones de toneladas de petróleo crudo equivalente/ Al final de 2011
México	10.6	2,938.0	2,027.0	6.7	5.1	6.7	77	15.7	9.89
Norte América (incluye México)	41.7	14,301.0	23,156.0	12.5	83.6	83.6	228	1,076.7	533.68
Sur y Centro América	100.0	7,382.0	6,241.0	45.2	16.2	15.0	124	101.2	29.79
Europa y Eurasia	22.3	17,314.0	18,924.0	75.9	100.3	106.5	242	1,256.8	499.24
Medio Oriente	78.7	27,689.0	8,076.0	100.0	50.9	39.0	126	1.2	8.66
África	41.2	8,804.0	3,336.0	71.7	19.6	10.6	126	259.5	99.79
Asia Pacífico	14.0	8,086.0	28,301.0	35.0	46.4	57.1	53	5,000.1	2,553.19
Total Mundial (promedio)	308.5	83,576.0	88,034.0	63.6	317.0	311.8	112	7,695.4	3,724.34

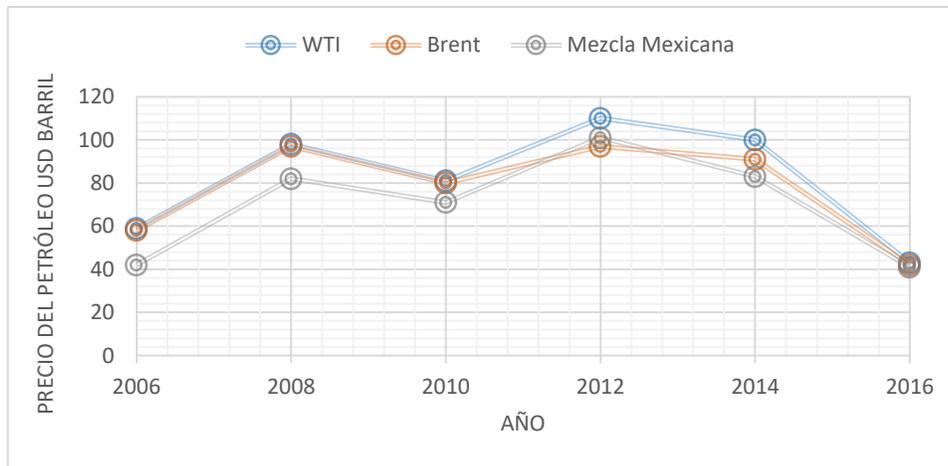
Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *Statistical Review of World, Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

Gráfica 6.6 Reservas de Petróleo, Gas natural y Carbón al final de 2011.



Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *Statistical Review of World, Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p].

Gráfica 6.7 Fluctuaciones en los precios del petróleo de 2006 al 2016.



Fuente: Elaboración propia con base en, Secretaría de Economía, *Históricos del Precio del Petróleo*, Servicio Geológico Mexicano, México, [s.a.], <<http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/energeticos/precios-historicos.html>>, (10 de agosto de 2016), [s.p].

Cabe señalar, que con base en las proyecciones acerca del suministro de energía proveniente de combustibles fósiles, la mayor parte de energía eléctrica en el mundo seguirá siendo cubierta por este tipo de suministro hasta la década de 2030. No obstante, en los siguientes años la aportación de energía producto del suministro de fuentes renovables seguirá aumentando, proporcionando así, las bases para lograr un cambio más notable para revertir las emisiones de carbono.⁹

Por otro lado, como se observó en la gráfica 6.7, los precios del petróleo alcanzaron un máximo histórico en el año 2008 y el año 2012, no obstante, también se estimó que la producción en algunos de los mayores yacimientos en el mundo estaba decreciendo, sin que esto supusiera el fin del tope máximo del petróleo, por lo que habría que invertir grandes cantidades de dinero para mantener el ritmo actual de producción. Así mismo, como ya se mencionó, se ha calculado que los países productores y las grandes compañías de petróleo deberían invertir alrededor de \$360,000,000,000.00 de dólares, conjuntamente, por año hasta llegar al año 2030. Esto con el propósito de hacer frente a los estragos en la caída de la producción petrolera, y de ésta forma estar en posibilidad de abastecer las demandas de los países con grandes expectativas de crecimiento económico.¹⁰

Por lo que existe una marcada preocupación por la suficiencia del petróleo, lo cual hace surgir la interrogante de si se podrá sustituir a éste energético por el gas natural, en vista de que hay mayores reservas probadas de éste último combustible que las de aquél y además de que el gas natural presenta menores índices de contaminación que el petróleo y el carbón. Cabe señalar, que los autos podrían utilizar gas natural comprimido, sin mayores complicaciones, como ya se ha estado probando. Para el año 2050, se esperaría poder utilizar más ampliamente el gas natural y sustituir definitivamente al petróleo.¹¹

Otro de los factores por los cuales no se ha hecho la renovación de la planta energética por tecnología que utilice energías limpias es que los precios del petróleo, gas natural y carbón han sido tradicionalmente baratos en los últimos 100 años, esto ha propiciado el desarrollo de otras industrias como la de acero, ferrocarriles, fábricas automotrices, líneas aéreas, aparatos electrodomésticos, entre otros. Por lo que el desarrollo en la industria de éstos combustibles fósiles, requirió una amplia gama de construcción de infraestructura, como pozos, minas, refinerías, sistemas de transporte, tuberías, redes eléctricas y puntos de venta que actualmente forman parte integral de la vida económica de todos los habitantes del planeta, y esto constituye una barrera importante para realizar la transición de una manera inmediata.¹²

⁹ Con base en, Spiegel Eric, y Neil McArthur, *La nueva era del cambio energético, Opciones para impulsar el futuro del planeta*, México, Mc Graw Hill, 2010, pp. 11, 12.

¹⁰ Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, p. 56.

¹¹ Con base en, *Ibid.*, p. p. 56, 57.

¹² Con base en, Spiegel Eric, y Neil McArthur, *op. cit.*, p. 16.

Tales industrias, sobre todo las del petróleo, gas, automotrices y de la energía eléctrica, son las que poseen grandes inversiones en bienes de capital, por ejemplo en instalaciones de producción e infraestructura, haciendo difícil la transición a otras fuentes de energía no contaminantes. Por lo que toma tiempo desarrollar nuevos modelos de suministro de energía no contaminante, aunado al hecho de que hay más proyectos e inversiones en fuentes de energía tradicionales.¹³

Por lo que no se vislumbran grandes cambios en pro de fuentes de energías renovables en los próximos años, y se espera que los combustibles fósiles sigan satisfaciendo las necesidades energéticas en el mundo. El reto será para la industria eléctrica, la cual depende del energético del carbón y con mayores perspectivas de uso en muchos países.¹⁴

El abasto petrolero bien pudiera utilizarse para gestionar el apoyo en el desarrollo de tecnología limpia y así colocar las bases para una economía en defensa del medio ambiente y que vaya en detrimento de los actuales modelos económicos de consumismo masivo.¹⁵

Como se ha venido señalando el agotamiento del petróleo vendrá en unos pocos años y lo seguro es que tarde o temprano se agotará. Todavía se podrá seguir extrayendo, pero cada vez a un ritmo menor y a un costo mayor, es decir, llegará un momento en que los costos de exploración superen el valor de los descubrimientos. De hecho, se espera que dentro de sólo algunos años, se alcance un punto en que para obtener un barril de petróleo habrá que consumir una cantidad equivalente de energía, y en ese momento la extracción dejaría de ser rentable, independientemente del precio del barril de petróleo en el mercado.¹⁶

Si bien es cierto que tal afirmación presenta discrepancias entre los expertos, hay que tomar en cuenta que el valor de éste recurso natural finito es un problema no resuelto en la teoría económica. Sólo se sabe que es barato cuando abunda, pero encarecerá a medida que vaya llegando a su escasez y que, también, la demanda se incremente.¹⁷

La expectativa más oscura sobre la suficiencia del petróleo es que en las primeras cinco décadas del siglo XXI se termine el abasto y las naciones en general no cuente con suficientes fuentes alternas de energía capaces de sustituir a éste combustible, por lo que dentro de ese periodo de tiempo se espera que ocurra una catástrofe mundial, en los diferentes ámbitos, económico, social y político, a pesar de que para ese momento haya disminuido la contaminación.¹⁸

¹³ Con base en, Spiegel Eric, y Neil McArthur, *op. cit.*, pp. 17, 18.

¹⁴ Con base en, *Ibid*, p. 18.

¹⁵ Con base en, Arturo Bonilla, *op. cit.*, p. 24.

¹⁶ Con base en, *Ibid*, p. 26.

¹⁷ Con base en, *Idem*.

¹⁸ Con base en *Ibid*, p. 28.

H3 La renovación de la planta energética para la producción de energías renovables ha sido lenta debido a la falta de interés de los sectores económico, político y social y debido a las enormes inversiones realizadas en tecnología que utiliza combustibles fósiles.

6.5 Evolución de las fuentes de energía renovables

En la tabla 6.7, se observa el desarrollo de las energías renovables: energía solar, biomasa (etanol y biodiesel), y geotérmica al final de 2011. México presenta poco consumo en el rubro de energía solar, con 0.2 terawatts/hora, a pesar de contar con un enorme potencial. En lo que respecta a la región de Europa y Eurasia, las cifras son bastante prometedoras en vista de que el consumo registrado así lo demuestra, con 44.1 terawatts/hora.¹⁹

En cuanto a la producción de etanol, México se ubica bastante lejos de naciones como Brasil; el primero registra cifras al final de 2011, en 4,351 millones de litros y el segundo con cifras de 22,750 millones de litros, sin embargo, la región con más producción registrada fue Norte América ubicándose con una producción de 52,731, principalmente por la aportación de Estados Unidos.²⁰

El biodiesel registra muy poca producción. El registro más relevante se presenta en la región de Sur y Centro América, principalmente por naciones como Argentina, Brasil y Colombia. El total de ésta región se ubica en 5,942 millones de litros.²¹

En lo que respecta a la capacidad instalada de energía geotérmica, México cuenta con una importante cifra al ubicarse en 887 megawatts al final de 2011 y además con un enorme potencial, dados los yacimientos geotérmicos con que cuenta el país. Regiones como Asia Pacífico y Norte América, ésta última, principalmente por Estados Unidos, registran cifras de 4,508.4 y 3,995 megawatts, respectivamente.²²

El consumo registrado en México por concepto de energía geotérmica, biomasa y otros, en millones de petróleo crudo equivalente, fue de 14.4. Regiones como Europa y Eurasia, y Asia Pacífico registran cifras de 146 y 81.10 respectivamente.²³

¹⁹ Con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *op. cit.*, [s.p.].

²⁰ Con base en, *Idem.*

²¹ Con base en, *Idem.*

²² Con base en, *Idem.*

²³ Con base en, *Idem.*

Tabla 6.7 Concentrado de energías renovables, consumo, producción y capacidad instalada al final de 2011.

Energía Solar		Biomasa (Etanol)		Biomasa (Biodiesel)		Energía Geotérmica	Energía Geotérmica, Biomasa y otras	
								
Consumo Capacidad		Producción Consumo		Producción Consumo		Capacidad Instalada	Consumo	
País /Región	En Terawatts hora / Al final de 2011	Fotovoltaica Instalada en Megawatts / Al final de 2011	En millones de litros / Al final de 2011	En millones de litros / Al final de 2011	En millones de litros / Al final de 2011	En millones de litros / Al final de 2011	En Megawatts / Al final de 2011	En millones de toneladas de petróleo crudo equivalente/ Al final de 2011
México	0.2 (incluye Canadá y otros)	41.0	4,351 (Incluye resto del Mundo)	5,117 (Incluye resto del Mundo)	2,017 (Incluye resto del mundo)	1,695 (Incluye resto del mundo)	887	14.4 (Incluye otros de Norte América)
Norte América (total de la región)	2.1	5,084.0	52,731 (USA)	48,811 (USA)	3,662 (USA)	3,357 (USA)	3,995 (USA y MEX)	91.7
Sur y Centro América	0.05	-	22,750 (Brasil)	19,292 (Brasil)	5,942 (Arg., Bra. y Col.)	3,984 (Arg., Bra. y Col.)	552	45.8
Europa y Eurasia	44.6	51,353.0	3,998	5,452	10,312	12,749	1,778.4	146.0
Medio Oriente	0.1	-	-	-	-	-	-	-
África	0.1	-	-	-	-	-	177	3.2
Asia Pacífico	8.9	-	2,780 (China-Tailandia)	2,669 (China-Tailandia)	1,411 (Chi. Cor., y Tai.)	1,364 (Chi. Cor., y Tai)	4,508.4	81.10
Total Mundial	55.7	69,371.0	86,610	81,341	22,624	23,149	11,014.8	367.7

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *Statistical Review of World, Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

En cuanto a la energía hidroeléctrica, eólica y la generación de electricidad, se observa en la tabla 6.8, que México tiene un consumo de 35.8 terawatts/hora y regiones como Asia Pacífico y Europa y Eurasia presentan cifras de 1,096.5 y 791.6 terawatts/hora.²⁴

Un importante rubro es la energía eólica, y México a pesar de su enorme potencial, presenta una capacidad instalada un tanto limitada al ubicarse en 1.123 megawatts/hora. Otras regiones se encuentran con mayor capacidad de ésta energía renovable, tal es el caso de Europa y Eurasia, Asia Pacífico y Norte América, ésta última por la participación importante que registra Estados Unidos. Los registros indican 96,835, 85,156 y 53,485 de capacidad instalada en megawatts/hora, respectivamente.²⁵

La región con mayor generación eléctrica en terawatts/hora es Asia Pacífico con 8,820, seguido por Europa y Eurasia con 5,278.6 y en tercer sitio se ubica Norte América, principalmente por la aportación de Estados Unidos, con 5,204.5.²⁶

De acuerdo a cifras de ProMéxico, la meta de participación en la generación de electricidad con energías limpias, para el año 2024 es del 35%. El potencial eólico con que cuenta México es de 40,000 megawatts. Así mismo, el potencial hidroeléctrico y geotérmico es de 53,000 y 40,000 megawatts, respectivamente. Además de contar con 253 centrales eléctricas con energías renovables.²⁷

²⁴ Con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *op. cit.*, [s.p.].

²⁵ Con base en, *Idem*.

²⁶ Con base en, *Idem*.

²⁷ Con base en, ProMéxico, Inversión y Comercio, Secretaría de Energía, *Energías Renovables*, México, Unidad de Inteligencia de Negocios, 2013, p. 4.

Tabla 6.8 Concentrado de energía hidroeléctrica, eólica y generación de electricidad al final de 2011.

Energía Hidroeléctrica		Energía Eólica		Generación de Electricidad
				
Consumo		Consumo	Capacidad Instalada	Capacidad
País /Región	En Terawatts-hora / al final de 2011	En Terawatts-hora / al final de 2011	En Megawatts-hora / al final de 2011	En Terawatts-hora / al final de 2011
México	35.8	0,4	1,123	289.0
Norte América (total de la región)	740.7	133.4	53,485	5.204.5
Sur y Centro América	743.5	4.4	2,659	1.145.6
Europa y Eurasia	791.6	182.0	96,835	5.278.6
Medio Oriente	21.9	0.3	104	912.1
África	103.6	2.3	1,246	657.1
Asia Pacífico	1.096.5	115.1	85,156	8.820.1
Total Mundial	3.497.9	437.4	239,485	22,018.1

Fuente: Elaboración propia con base en, British Petroleum Oil Proved Reserves, *Statistical Review of World, Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, (07 enero 2013), [s.p.].

H4 La falta de acciones claras, por parte del gobierno y organizaciones, en materia de sustentabilidad, ha derivado en la sobre-explotación de los recursos naturales del país y ha impedido la transición hacia un enfoque sustentable que mitigue los efectos adversos ocasionados por el cambio climático.

6.6 Bases para un futuro sustentable

Como se ha explicado, un mundo sostenible es aquél en el que se presentan soluciones duraderas a largo plazo referentes a los ecosistemas. Con base en la información analizada en el capítulo 5, se requiere desarrollar estrategias que abarquen grandes periodos de tiempo y que incluyan las posibles consecuencias que pudieran presentarse para el ser humano. Lo anterior, puede lograrse mediante establecer y tomar en cuenta los siguientes factores de sostenibilidad ambiental como los siguientes: ²⁸

1. El estado de los sistemas ecológicos, como el aire, el suelo y el agua.
2. Las presiones a las que se somete a dichos sistemas, incluyendo sus niveles de contaminación.
3. El impacto de dichas presiones sobre la sociedad humana, medido en función de factores como la disponibilidad de los alimentos o la exposición a las enfermedades.
4. La capacidad social e institucional para enfrentarse a los peligros medioambientales.
5. La capacidad de administrar correctamente los bienes públicos globales, especialmente la atmósfera.

Un aspecto a tomar en cuenta es el valor monetario de todos los beneficios ecológicos que ofrecen los ecosistemas, y éste se puede calcular con base en una serie de herramientas para cuantificar los servicios directos que prestan los ecosistemas, e incluso algunos de los servicios indirectos e intangibles. En la medida de lo posible se utilizan valores de mercado. Así mismo, una manera de estimar el valor es calcular el costo que implicaría reemplazarlo. Con base en ello, se calcula que el valor del turismo internacional oscila en USD\$ 444, 000 millones y se estima que el de la naturaleza podría representar entre el 40 y el 60% de ese gasto total. ²⁹

²⁸ Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, p. 80.

²⁹ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *et. al.*, *Recursos Mundiales 2002, La Guía Global del Planeta, La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*, E-book, Nueva York, 2002, p. 36.

Tomando como base que los países pobres tienen como imperativo lograr el desarrollo económico, éste se debe lograr mediante un proceso incluyente que implique la sostenibilidad en todas sus actividades. La pobreza es un factor importante a tomar en cuenta ya que ésta incide en los recursos naturales, por lo que se espera que los países pobres alcancen cierto nivel de riqueza con un nivel importante de cultura sustentable para evitar el deterioro de los recursos naturales que son la base para su respectiva subsistencia.³⁰

Un aspecto crítico que se presenta en la pobreza, es la falta de acceso a la tierra, por ejemplo, se estima que el 52% de los pobres rurales posee parcelas demasiado pequeñas como para producir un ingreso adecuado, y un 24% carece totalmente de ellas.³¹

Así mismo también, se estima que en los países en desarrollo la cantidad de gente que vive en tierras marginales es el doble de la que habita en tierras favorecidas, es decir, 630 millones comparados con 325 millones, respectivamente.³²

Si persisten las tendencias que imperan en el ámbito de la pobreza y degradación de recursos naturales, es posible que para el año 2020 haya por lo menos 800 millones de personas viviendo todavía, en tierras menos favorecidas y condiciones precarias.³³

El desafío para las siguientes décadas, es entender las vulnerabilidades y fortalezas de los ecosistemas, de manera que se puedan hallar formas de conciliar las demandas del desarrollo humano con la capacidad de tolerancia de la naturaleza.³⁴

Aunado a lo anterior, el nivel de riqueza esperado por parte de las naciones en desarrollo deberá tener sustento en la transferencia de tecnología otorgada por las naciones industrializadas de tal manera que, con base en ésta, se mitigue los efectos ocasionados por el cambio climático. Además, hay que tomar en consideración el tope del petróleo alcanzado y la posible sustitución del gas natural, para determinar hasta qué grado se puede repetir el modelo de desarrollo alcanzado, de los países industrializados, y esto desde luego ya ha estado provocando tensiones por imitar el camino impuesto por las grandes potencias.³⁵

Para poder establecer una adecuada medida de bienestar, por parte de las sociedades como resultado del crecimiento económico, se deberá tomar en consideración otros índices de bienestar, en vista de que el PIB establece poco al respecto como parámetro más exacto de la prosperidad humana. Tal es el caso del Indicador de Progreso Genuino (GPI, por sus siglas en inglés), que ha venido utilizándose desde el año de 1995. Éste tiene similitudes con el PIB, pero toma en cuenta medidas de distribución del ingreso, el valor de la vivienda, el valor del trabajo voluntario, la delincuencia y la contaminación. EL GPI comenzó a decaer en las

³⁰ Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, p. 81.

³¹ Con base en, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *op. cit.*, p. 43.

³² Con base en, *Ibid.*, p. 44.

³³ Con base en, *Idem.*

³⁴ Con base en *Ibid.*, p. 46.

³⁵ Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, pp. 81, 82.

naciones desde el año de 1975, a diferencia del PIB que continúa creciendo. Es importante señalar, que ante los desastres naturales en algunas ocasiones no se presenta consecuencias adversas en las tasas de crecimiento económico, no obstante el GPI si se ve afectado por el impacto que se manifiesta por tales eventos en las sociedades.³⁶

Otro indicador importante es el Índice de Bienestar Económico Sostenible (ISEW, por sus siglas en inglés), éste se fundamenta en la información nacional para determinar las proyecciones sobre el bienestar económico. Éste indicador puede estar a la baja o en forma decreciente y el PIB a la alza o con incrementos significativos. Por ejemplo, en Estados Unidos y el Reino Unido éste indicador decreció un 25 y 50%, respectivamente, entre los años de 1975 y 1990, a pesar de mantener un PIB con crecimientos importantes. Cabe señalar, que en el periodo de la posguerra, varias naciones entre ellas las ya mencionadas, tuvieron épocas de bonanza en el índice de bienestar, sin embargo, a partir de la década de los setenta del siglo XX comenzó a presentarse un declive en éste indicador.³⁷

Para el año 2006 se desarrolló un nuevo indicador el cuál es el Índice de Sociedad Sostenible (SSI, por sus siglas en inglés), éste emplea una mayor variedad de indicadores medioambientales que los anteriores, entre ellos se destaca el agotamiento de recursos que afecta a las tierras húmedas, los bosques, las tierras cultivables y las materias primas no renovables, junto con el nivel de emisiones de carbono y otras causas de daños al medio ambiente, como los materiales que reducen la capa de ozono. Así mismo, también se basa en datos como la distribución de la renta, el nivel de participantes y la dependencia de capital extranjero. Según los indicadores del SSI, el crecimiento en la mayor parte de los países industrializados quedó estancado en la década de 1970.³⁸

Con base en lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede notar que el desarrollo de la sociedad ha venido en decadencia desde la década de los setenta, aunque el PIB esté manteniendo importantes crecimientos, por lo tanto se esperaría combatir éste deterioro en el bienestar de las sociedades haciendo hincapié en un una cultura sustentable.

³⁶ Con base en, *Ibid*, p. 83.

³⁷ Con base en, *Ibid*, pp. 83, 84.

³⁸ Con base en, *Ibid*, p. 84.

Conclusiones Finales y Recomendaciones

A. Impactos económicos y ambientales en el cambio climático, por el uso de combustibles fósiles

Como se analizó a lo largo de ésta investigación los conceptos de energía y cambio climático están íntimamente relacionados, por lo que para evitar el cambio climático se necesitará cambiar el modelo actual de consumo energético, para conducir la economía por el camino de la sustentabilidad. Así mismo, es vital, encontrar soluciones a las necesidades energéticas de las naciones dentro de un marco de respeto por el medio ambiente.¹

El tema sobre el cambio climático deberá ser considerado como un asunto de relevancia universal, en vista de la cada vez más frecuente aparición de fenómenos meteorológicos violentos, así como la desertificación y la escasez del agua potable, y desde luego sin olvidar la salinización de los acuíferos y la falta de alimentos por todo el mundo.

Se analizó también que las emisiones de gas de efecto invernadero que se arrojan a la atmósfera año tras año, están provocando un calentamiento del clima en la Tierra con consecuencias devastadoras para el futuro de cada habitante en el planeta.

Tal evento climatológico conocido como cambio climático, se ha venido presentando con mayor celeridad durante las últimas décadas y ha puesto en riesgo la subsistencia del ser humano y su consiguiente modo de vida.

Ha quedado de manifiesto, que a nivel mundial, no todos los países se encuentran en las mismas condiciones para hacer frente al calentamiento global y como es bien conocido, los países más pobres son los que presentan mayores índices de vulnerabilidad. Tan sólo la inmigración en el mundo aumentará considerablemente trayendo consigo una importante exclusión social e inseguridad.

Por lo que se requerirá una mayor adaptación por parte de las sociedades en general para limitar la vulnerabilidad por los desequilibrios ambientales y desde luego los obstáculos serán los costos.

Se analizó que en México, existe un potencial importante de mitigación particularmente en el sector forestal de alrededor de 58 millones de toneladas de Bióxido de Carbono equivalentes (tCO₂e) para los siguientes años y de 96 millones de tCO₂e) para el año 2030.

¹ Con base en, María Isabel Martínez, Ángeles Cámara, Nuria Guilló, et., al., *El Impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030*, Madrid, Abay Analistas Económicos y Sociales para Greenpeace, 2014, p. 6.

Tal ganancia en lo que a mitigación se refiere se podrá lograr definiendo estrategias sobre la deforestación en todas sus gamas, propiciando una regeneración de ecosistemas forestales.

Aunado a lo anterior, se espera que los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en nuestro país disminuyan en un 53% para el año 2030 lo cual representa una reducción considerable, comparado con otros países, sin embargo se ha observado cierta lentitud en el cumplimiento de ésta meta.

Por otro lado, a nivel de la economía global en el mundo, en lo que respecta a los costos de la energía, los aumentos registrados, han contribuido al incremento repentino en los precios de la comida en el mundo. Éstos han aumentado aproximadamente en 60% en los últimos años y han producido privación (y en algunos casos hasta disturbios) en ciertas partes del mundo en desarrollo.²

También, los precios de otros productos, incluyendo minerales y materias primas, se han incrementado rápidamente. Dichos factores, como se menciona, son afectados por los cambios en los costos de la energía, y están causando estragos en toda la economía. Por lo que se deberá concientizar que la forma en que se ha usado la energía en el pasado, es inadecuada para el futuro.³

A pesar de ello, cada individuo hace poco por modificar sus hábitos de consumo, aunque precisamente estén conscientes de las derivaciones que esto conlleva.

El fenómeno del calentamiento global, tanto por su magnitud como por sus consecuencias, es una de las amenazas principales para la gran mayoría de los habitantes del planeta. Los eventos climatológicos que se han presentado a gran escala han puesto de manifiesto tal amenaza para la humanidad. El cambio climático sobrelleva múltiples implicaciones políticas e industriales ya que surge de los procesos de desarrollo para las naciones, instituciones y empresas.

Las necesidades energéticas para las naciones en general, son las causantes de gran parte de las emisiones que subyacen tras el calentamiento global. Así mismo, naciones como China e India que están experimentando un rápido crecimiento económico y con un gran número de habitantes, están demandando cada vez una mayor cantidad de combustibles fósiles para alcanzar el tan ansiado desarrollo económico.

² Con base en, Spiegel Eric, y Neil Mearthur, *op. cit.*, pp. 3, 4.

³ Con base en, *Idem*.

Recomendaciones

Las necesidades climáticas que se presentarán en un futuro inmediato precisan construir una infraestructura energética capaz de hacer frente a los desafíos que esto que están inmersos debido al calentamiento global y por tanto, las recomendaciones que se proporcionan para las naciones en términos generales son las siguientes: ⁴

1. Estimular a los empresarios para que maximicen los beneficios económicos con base en una política económica medioambiental.
2. Promover una cultura sustentable en la vida cotidiana de la gente, por ejemplo, fomentar la eficiencia energética y de productos amigables con el medio ambiente.
3. Elaborar programas dirigidos a contrarrestar los efectos ocasionados por el cambio climático.
4. Establecer procedimientos en materia de administración de riesgos.
5. Construir un futuro con base en las fuentes de energía renovables.

Además de lo anterior, se precisa que naciones como México, por ejemplo, cumplan con los siguientes objetivos para afrontar los riesgos que presenta éste fenómeno climatológico: ⁵

1. Entender las causas y los impactos que se suscitarán a escala nacional y regional.
2. Diseñar estrategias adecuadas y viables de mitigación y adaptación para construir un país más resiliente.
3. Obtener apoyo financiero y contar con la voluntad política para implementar acciones de largo plazo a escala regional y por orden de importancia social.

Así mismo, se deberá hacer una identificación y distinción entre los procesos del cambio climático existentes: los de tipo 1 y tipo 2. En el primero, los cambios se presentan de manera lenta y gradual. En el segundo tipo, los cambios se presentan de manera radical y con mucha

⁴ Con base en, Anthony Giddens, *La Política del Cambio Climático*, Madrid, Alianza Editorial, 2009, pp. 20-24.

⁵ Con base en, Ignacio Sánchez Cohén, y Gabriel Díaz Padilla, *et. al., Elementos para entender el cambio climático y sus impactos*, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2011, p. 149.

intensidad y ocurren cuando se alcanza un punto de viraje que a su vez conlleva a cambios entre un proceso y otro.⁶

Todo indica que la probabilidad que se presenta para un cambio climático del tipo 2 es muy elevada, ya que algunas áreas presentan un dinamismo muy marcado, entre tales zonas se encuentra la capa helada que cubre Groenlandia y la Antártida.⁷

Como ya se ha analizado en la presente investigación, la preocupación por la gran mayoría de los gobiernos es sobre la urgencia de tomar medidas inmediatas sobre la política energética para contrarrestar los efectos adversos por el cambio climático.

Lo anterior implica que se debe encontrar una solución que converja en dos aspectos aparentemente incompatibles entre sí: primero, que el mundo en general tenga asegurado un suministro de energía suficiente y permanente, de tal manera que se contribuya al crecimiento económico; y segundo, que las industrias reviertan la emisión de gases de efecto invernadero, de manera estratégica.⁸

Por lo que para llevar a cabo éste enorme reto será necesario realizar la transición fuentes de energía limpias, como de hecho ya se están utilizando, tal es el caso de los biocombustibles y los automóviles híbridos, entre otros.⁹

B. Perspectiva mundial de los combustibles fósiles y tensiones políticas

La realidad de los combustibles fósiles es que presentan un agotamiento muy marcado, en un futuro inmediato, trayendo consigo una perspectiva muy sombría para la economía nacional ya que un tercio de la misma depende de las energías no renovables.

Por ejemplo, como se analizó en la presente investigación, México contaba con reservas, a finales de 2011 para 10.6 años y la perspectiva es que sigue invirtiendo gran parte de los recursos en la exploración de nuevos yacimientos. Por lo que existe gran preocupación no sólo por la caída en la producción sino también por la disminución en los precios del petróleo.

Nuestro país, se ha visto afectado en su economía por la caída en la producción petrolera, desencadenando incremento en los precios de los productos de la canasta básica y también de productos derivados del petróleo, como la gasolina.

⁶ Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, p. 38.

⁷ Con base en, *Idem*.

⁸ Con base en, Spiegel Eric, y Neil McArthur, *La nueva era del cambio energético. Opciones para impulsar el futuro del planeta*, México, Mc Graw Hill, 2010, pp. 5, 6.

⁹ Con base en, *Idem*.

Cabe señalar, que los países que han tenido importantes registros de reservas de combustibles fósiles, se han visto atacados en su soberanía y se han visto envueltos en guerrillas y golpes de estado.

Un hecho contundente es que el desarrollo económico de los países ha estado cimentado sobre la base de combustibles fósiles, en especial procedente de las naciones subdesarrolladas. De hecho, el mundo entero se encuentra ante un futuro incierto en materia energética y, dada la escasez progresiva de los combustibles tradicionales, se ejercerá una enorme presión sobre los países productores. Por lo que la solución, deberá descansar en la investigación y el desarrollo de las fuentes alternas. Sin embargo, mientras no se presente tal sustitución, se manifestará una lucha incesante por apoderarse de todos los yacimientos mediante el uso de acciones conflictivas y beligerantes como ya han venido ocurriendo.¹⁰

La realidad incuestionable es que ninguna economía del mundo puede sostenerse y menos crecer si no tiene asegurado el suministro de energía, sin importar su origen. Por ello, la búsqueda de otras fuentes de energía se ha convertido en una estrategia de primer orden, al menos en lo que respecta a los gobiernos de los países industrializados, conscientes de la necesidad de contar con otras fuentes de abastecimiento energético. A continuación se presentan algunos aspectos que agudizan tal búsqueda, ocasionando múltiples conflictos:¹¹

1. Los combustibles fósiles llegarán a su fin en unos cuantos años. En una situación similar se encuentra la obtención de la energía nuclear. El uranio, fuente de éste tipo de energía, es limitado y tiende a agotarse, también.
2. El uso excesivo de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) implica el riesgo de crecientes amenazas sobre el medio ambiente y que la población de las comunidades no está preparada para ello.
3. Existe un marcado interés por parte de todas las naciones, de lograr la seguridad energética y para tal fin se busca la apropiación de los yacimientos petroleros, en lo que ha derivado en múltiples conflictos políticos y militares por precisamente lograr un abasto seguro de energéticos, como ha ocurrido en el Medio Oriente, la cual es una región muy ambicionada por las grandes potencias, las más necesitadas de petróleo y gas natural.

Además, de acuerdo a las proyecciones realizadas para el año 2030, la demanda de energía habrá tenido un crecimiento neto de 57%, partiendo del año base de 2004. Tal incremento seguirá manifestándose en el petróleo, gas natural y carbón.¹²

¹⁰ Con base en Arturo Bonilla, *op. cit.*, p. 28.

¹¹ Con base en Spiegel Eric, y Neil Mearthur, *op. cit.* pp. 46, 47.

¹² Con base en, *Ibid.*, p. 26.

Sin embargo, es urgente realizar un cambio en el patrón de producción actual nacional basado en los recursos petroleros. Las reservas probadas de petróleo han caído significativamente en los últimos años para situarse en 11 años de inventario de éste combustible, para México, por ejemplo. Ésta problemática petrolera implica que ya no se contará con petróleo barato y además no es un asunto sólo de inversión sino es un asunto de existencia en la perforación de pozos petroleros en aguas profundas. Es decir, lo que se depara en un futuro cercano es una expectativa de petróleo nacional caro, que tendrá consecuencias económicas importantes y amenazará con paralizar el desarrollo social y económico nacional. De ahí la importancia de lograr un cambio hacia el uso de las fuentes renovables de energía.¹³

A pesar de los avances en el suministro de fuentes renovables de energía, las preocupaciones por la seguridad en el suministro constante de energía estarán limitando mayores inversiones en energías limpias. Tales preocupaciones se han convertido en tema central de las políticas nacionales, tanto por seguridad nacional como por aspectos geopolíticos. Por ejemplo, la dependencia del petróleo por parte de Estados Unidos, suministrado por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) está generando preocupaciones cada vez más evidentes por la seguridad energética, y en Europa, las preocupaciones son por el suministro de gas natural proveniente de Rusia. En Asia, las preocupaciones son por garantizar el suministro suficiente para sostener el crecimiento económico en vías de una pronta industrialización. Por lo que las expectativas de las grandes potencias así como las naciones en general, son todavía continuar asegurando el abastecimiento de combustibles fósiles.¹⁴

C. Perspectivas de la energía renovable

Como se ha venido señalando, México tiene una ubicación geográfica importante que lo hace un productor con gran potencial en lo referente a energías limpias. Sin embargo, los niveles de producción y consumo referentes a energías, solar, eólica y geotérmica han evolucionado muy pobremente en los últimos años.

Se esperaría, dadas las condiciones geográficas, una mayor participación en las fuentes de energía limpias y esto no ha sucedido, como se analizó en el capítulo 4. Éste rezago, sin duda, reviste una mayor atención por parte de las autoridades en México, para facilitar la inversión o crear las condiciones propicias para que se dé una mayor apertura a inversiones referentes a tecnología que mitigue el calentamiento global.

Cabe destacar que la fuente de energía mejor posicionada para sustituir a los combustibles fósiles es la energía eólica, ya que el número de instalaciones alrededor del mundo se ha

¹³ Con base en, John Saxe Fernández, *op. cit.* p. 189.

¹⁴ Con base en, Spiegel Eric, y Neil McArthur, *op. cit.*, pp. 15, 16.

incrementado en los últimos años. Los costos de éste tipo de energía se están asemejando cada vez más a las fuentes de energía convencionales.¹⁵

En los últimos años, ha habido esfuerzos importantes de parte de algunas naciones, por realizar la transición a fuentes de energía limpia. Como prueba de ello, existe un acuerdo común en la Unión Europea para lograr un modelo de consumo energético más sustentado en el uso de fuentes renovables de energía. Los objetivos actuales de la Unión Europea en términos de fuentes renovables son lograr que un 22.1% de producción de energía eléctrica provenga de fuentes renovables de energía. Esto generará que varios países tengan una significativa participación de fuentes renovables, en detrimento de las fuentes contaminantes tradicionales. Por ejemplo, en el caso de Francia, ésta política se traducirá en un descenso en la utilización de energía nuclear de 85% a 76% y un aumento de fuentes renovables cuya participación en la producción eléctrica será de 24%. Un caso más notorio es el de Austria, que fijó como meta lograr que un 78.1% de su producción, para el año 2010, proviniera de fuentes renovables de energía. En lo que respecta a Suecia, el 60% de su energía eléctrica se generará a partir de éstas fuentes de energía.¹⁶

Un aspecto notable que resalta, es que México, no solamente destaca en la producción de energía fósil, sino en el enorme potencial que tiene para la producción de energía solar. Por ejemplo, se ha calculado que simplemente un 0.14% de territorio nacional, cubierto por celdas solares fotovoltaicas, particularmente en el norte del país, en donde la insolación solar es mayor, se podría lograr los requerimientos nacionales actuales de energía eléctrica.¹⁷

La energía solar es un recurso renovable, abundante y no contamina. La potencia energética que irradia el Sol al espacio es de 4×10^{23} kw/h y se considera que su potencia es mayor a 21 millones de centrales nucleares trabajando a todo lo que dan. Además, en un sólo segundo, el Sol emite más energía que la que ha consumido la humanidad durante toda su historia. Partiendo de éste enorme suministro, la energía solar directa puede ser aprovechada por medio de sistemas pasivos y sistemas activos, éstos últimos mediante la conversión térmica o por conversión fotovoltaica, que pueden ser aprovechados ya sea para obtener calor, destilar y bombear agua, como para generar electricidad.¹⁸

El potencial de aprovechamiento de la energía solar en México radica en la localización geográfica en la que se encuentra ubicado. Dicho potencial es uno de los más altos del mundo; alrededor del 75% del territorio nacional son zonas con una insolación media del orden de los 5 kw/m² al día, el doble del promedio de Estados Unidos.¹⁹

¹⁵ Con base en, Spiegel Eric, y Neil McArthur, *op. cit.*, p. 129.

¹⁶ John Saxe Fernández (Coord.), *La Energía en México, Situación y alternativas*, México, Universidad Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, 2009, pp. 187, 188.

¹⁷ Con base en, *Ibid.*, p. 189.

¹⁸ Con base en, Arturo Bonilla, *op. cit.* p. 198.

¹⁹ Con base en, *Ibid.*, p. 211.

Sin embargo, ésta ventaja no ha sido aprovechada, ya sea por la falta de interés político por adoptar decisiones que lleven al uso de ésta energía, o porque se ha dado por sentado la suficiencia del petróleo todavía por más tiempo, o también porque no se le ha dado el apoyo necesario a la investigación científica y las aplicaciones tecnológicas requeridas para lograr un aprovechamiento cabal de éste energético.²⁰

Sin embargo, con el conocimiento actual que se tiene acerca de la energía solar, no hay todavía bases sólidas ni propósitos convincentes para pensar que ésta pueda sustituir a los combustibles fósiles ni tampoco a la energía nuclear, en el futuro cercano. Así mismo, ha habido poco avance en la investigación y el desarrollo de las energías alternas limpias en todo el mundo y esto se debe a precisamente la falta de interés y a que no representan importantes rendimientos en el corto y mediano plazo.²¹

Así mismo, el potencial eólico del país tampoco ha sido aprovechado, sin embargo, se estima un potencial superior a los 5,000 megawatts económicamente aprovechables en zonas identificadas, tales como el sur del Istmo de Tehuantepec (con potenciales de 2,000 a 3,000 mw), en las penínsulas de Baja California y Yucatán, así como en la región central del altiplano y las costas del país.²²

Los costos de inversión en instalaciones de energía eólica por ejemplo, se encuentran alrededor de 1,000 dólares por kw instalado y los costos de generación eléctrica oscilan entre 5 y 11 centavos por dólar por kw/h, con múltiples beneficios económicos y ambientales.²³ En cuanto a los costos de las instalaciones de los sistemas fotovoltaicos oscilan entre 3,500 a 7,000 dólares por kw instalado y los costos de generación, se estiman en un rango de 25 a 1,560 centavos de dólar por kw/h generado.²⁴

Hubo notables inversiones desde la década de 1950, para impulsar la investigación y desarrollo, con el propósito de desarrollar la fusión nuclear, esto con la idea de tener una fuente inagotable de energía para todo el mundo. Tales inversiones han sido cuantiosas, las cifras que inicialmente se manejaron oscilan en \$13,000 millones de dólares. Todo esto tiene su verdadera causa derivada de la lucha por obtener o mantener la hegemonía mundial.²⁵

Con base en lo anterior, hubo un proyecto mancomunado en el cual participaron, entre otros países, Canadá, Francia, Japón y Rusia, para desarrollar energía nuclear procedente de la fusión. Sus promotores afirmaban que se trataba de una energía limpia, o por lo menos no tan contaminante como la energía nuclear de fisión, que fue utilizada para la creación de bombas

²⁰ Con base en, *Ibid*, p. 212.

²¹ Con base en, *Ibid*, p. 200.

²² Con base en, *Ibid*, p. 214.

²³ Con base en, *Ibid*, p. 228.

²⁴ Con base en, *Idem*.

²⁵ Con base en, John Saxe, *op cit.*, p. 189.

atómicas. No obstante, las fuentes de energía alternas tradicionales, que son limpias distan mucho de tener esos apoyos masivos de recursos financieros.²⁶

El modelo energético necesario para lograr la transición a fuentes renovables de energía, deberá integrar, estratégicamente las nuevas fuentes de energía alternas, favoreciendo y promocionando su aplicación y uso, difundiendo una cultura sustentable, así como difundir los tipos de tecnologías disponibles, sus costos en el mercado, empresas que se dedican a éste negocio y los tipos de subsidios con que se cuenta.²⁷

El aprovechamiento de tecnologías y recursos renovables permitirán que México, en el mediano y largo plazo, garantice la autosuficiencia y seguridad energética, contribuyendo con ello, al desarrollo tecnológico propio, creación de nuevas industrias, así como también de empleos de manera significativa y desde luego, a una eliminación de las externalidades negativas que actualmente se generan en el sector eléctrico mexicano, debido al uso de combustibles fósiles.²⁸

Así mismo, fuentes de energía renovables como la solar y la eólica constituyen una gran realidad para el futuro inmediato, sin embargo, en la actualidad éstas constituyen sólo una pequeña participación para el suministro de energía eléctrica y se necesitará realizar más avances tecnológicos en cuanto al almacenamiento y eficiencia, así como, grandes inversiones en infraestructura y transmisión, antes de que tales fuentes de energía puedan sustituir a las fuentes de energía tradicionales de manera eficiente y rentable.²⁹

D. Papel del Estado - Políticas Públicas

El dilema que se presenta a nivel mundial es combatir la pobreza y preservar el medio ambiente, por lo que asegurar la viabilidad de los elementos naturales deberá considerarse como una verdadera prioridad.

El sustento diario y la sobre-explotación de los recursos naturales debido al egoísmo comercial suponen un verdadero desafío para para las naciones en general.

Si no se modifican los patrones actuales de consumo, es casi seguro, que el mundo encarará una crisis económica, política y social sin precedentes. Al aumentar la capacidad de carga del planeta, se estará restringiendo la variedad de beneficios que reporta el conservar los hábitats

²⁶ Con base en, *Idem*.

²⁷ Con base en Arturo Bonilla, *op. cit.* p. 228.

²⁸ Con base en, John Saxe, *op cit.*, p. 189.

²⁹ Con base en, Spiegel Eric, y Neil Mcarthur, *op. cit.*, pp. 11, 12.

naturales, como lo es: agua limpia, un clima estable, cultivos alimentarios suficientes, entre otros.

El hacer frente a ésta realidad supone que gobiernos y autoridades diseñen una política acorde con la realidad que se está presentando porque hay que tomar en consideración que no es sustentable un sistema económico internacional, tal y como se conoce actualmente, en que hay mucha desigualdad social, con un universo muy grande de personas pobres y muy pocas con excedentes de recursos exorbitantes.

El modelo económico basado en la sobre-explotación de los recursos del planeta tendrá que terminar, el consumismo masivo de las personas tendrá que modificarse de tal manera que se aprenda a vivir con lo necesario, acorde con el equilibrio ambiental. Y en cuanto a las naciones que pretenden alcanzar el desarrollo económico éste tendrá que reorientarse basado en una nueva economía sustentable.

Por lo que para alcanzar la sustentabilidad ambiental, implicará evaluar las decisiones sobre el uso del suelo y los recursos en términos de cómo se afectan su respectiva supervivencia y conservación y esto supondrá un diseño de políticas acordes con la realidad manifiesta en la naturaleza.

Para que se dé un verdadero desarrollo económico de deberá tomar en consideración las necesidades de las generaciones futuras, tomando como base el patrón demográfico, la equidad social, la voluntad política y una nueva cultura a nivel sociedad.

Habrà por tanto que, no sólo diseñar una gran variedad de indicadores en materia de sustentabilidad sino también ceñirse a ellos de tal forma que facilite el proceso para llegar a la sustentabilidad en el país.

El papel del Estado entonces, radicarà en que deberá actuar como un facilitador al proporcionar directrices apropiadas para que se dé el crecimiento económico. También, es preciso establecer las medidas necesarias para contrarrestar el cambio climático y éstas deben ser alcanzables dentro de un tiempo razonable, para evitar mayores consecuencias que impacten negativamente al PIB. Las directrices que deberán proporcionar, por parte del Estado, son las siguientes:³⁰

Recomendaciones

1. Directrices de previsión.

³⁰ Con base en, Anthony Giddens, *op. cit.*, pp. 112-114.

Para tal fin los gobiernos a nivel local, deberán fomentar el cambio hacia una cultura sustentable que involucre a los gobiernos locales y a las industrias, así como a los ciudadanos.

2. Administración de Riesgos.

Si bien es cierto que las naciones deben buscar el progreso social, éste no debe ser a costa del medio ambiente, por lo que se deberá involucrar un enfoque de administración de riesgos que esté orientado a minimizar los impactos ambientales.

3. Promover la convergencia política y económica.

Para lograr una adecuada conjunción entre la política del cambio climático y la energía, será necesario realizar una reestructuración social y económica de enormes proporciones y además con objetivos claros y específicos que redunde en una economía baja en carbono.

4. Hacer hincapié de que quien contamina paga.

Con ésta medida se estará buscando que las industrias y el comercio trabajen a favor de la política del cambio climático en vez de actuar contra ella. Actualmente, en casi todos los países desarrollados, los costos medioambientales permanecen en su mayor parte sin hacer responsables a quienes los ocasionan, de ésta forma las industrias trabajarán en pro de las metas medioambientales.

5. Contrarrestar los intereses empresariales que están encaminados a bloquear las iniciativas para controlar el cambio climático.

Hay que tomar en cuenta que las grandes industrias desempeñan un papel preponderante en las decisiones de los gobiernos, ya que pueden influir en las decisiones, y también influyen en los consumidores mediante la publicidad y otros medios. Por ejemplo, cuando se presentan políticas en pro del medio ambiente y las empresas se sienten afectadas pueden amenazar con llevar sus negocios a otros países. Por lo que será preciso trabajar conjuntamente por parte de los gobiernos e industrias para lograr una confluencia de intereses.

6. Mantener el cambio climático como prioridad de la agenda política.

Para la sociedad en general, el calentamiento global no es una preocupación que interrumpa notoriamente en las rutinas de su vida diaria, debido a que tienen otras prioridades como el empleo, vivienda, bienestar, etc. Por lo que los gobiernos

deberán priorizar en su agenda la gestión del cambio climático. Además, debería incluirse el tema del cambio climático en todos los planes de estudio escolares.

7. Desarrollar un marco económico y fiscal de acuerdo para la transición hacia una economía baja en carbono.

Implementar subsidios para arraigar nuevas tecnologías, ya que, al principio, éstas no podrán competir con los combustibles fósiles. Sin embargo, no será suficiente con medidas fiscales específicas. Por lo tanto el sistema fiscal deberá estar sometido a una continua revisión en términos de su impacto genérico sobre el estilo de vida y el comportamiento económico.

8. Promover medidas de adaptación a las consecuencias del cambio climático

Las consecuencias del cambio climático se harán cada vez más catastróficas por lo que la prevención será crucial, de tal manera que no se deberá tomar una actitud pasiva, sino anticipar con exactitud cómo y dónde se harán notar los efectos del calentamiento global y actuar preventivamente para contrarrestarlos o minimizarlos.

9. Integrar los aspectos local, regional, nacional e internacional de la política de cambio climático.

La cooperación entre todos los países y en todos los niveles respectivos de gobierno, será necesaria para abordar el cambio climático.

Cabe señalar que la mayor parte de las iniciativas que han conseguido reducir las emisiones hasta el momento han estado motivadas por el interés en aumentar la eficiencia energética, más que por el deseo de limitar el cambio climático.³¹

En el mediano plazo lo recomendable es que la seguridad energética esté inmersa dentro de la política y que los gobiernos locales estén en la misma dirección que los gobiernos. También, se espera que cada vivienda contribuya a la generación de energía en vez de limitarse a consumirla. Para tal efecto será necesaria una política coordinada entre los diferentes gobiernos a nivel internacional.³²

Una parte fundamental dentro de las estrategias del cambio climático es la innovación tecnológica y de hecho se deberá incluir en la política energética. Por lo que se deberá incluir incentivos y otros mecanismos fiscales.³³

³¹ Con base en, *Ibid*, p. 128.

³² Con base en, *Ibid*, p. 155.

³³ Con base en, *Idem*.

Las políticas internacionales desempeñarán un papel de suma importancia para detener la pérdida de bosques tropicales en el mundo. Como se analizó en el capítulo 5, una gran cantidad de emisiones de CO₂ en los últimos dos siglos procede de los cambios en el uso de la tierra, y la mayor contribución procede de la deforestación. Los bosques que existen actualmente, almacenan unas 638 gigatoneladas de carbono, 280 de las cuales son de biomasa. En las sociedades que basan su sustento en los ecosistemas naturales, la tala de bosques presenta un resultado innegable de la pobreza aún mayor que la registrada en el pasado.³⁴

Un aspecto de primer orden dentro de la Política de un país y que de hecho constituye un principio fundamental de política económica para el desarrollo sustentable consiste en la internalización de los costos ambientales, esto es, que los daños ecológicos deben ser pagados por quienes los causan.³⁵

Además, otro factor esencial conducente al equilibrio ecológico, consiste en la aplicación de tecnologías apropiadas para el uso racional de los recursos naturales, que deben extenderse mediante la aplicación de sistemas coherentes de incentivos y desincentivos. Un ejemplo claro de ello es la salinización producida en enormes porciones de los suelos en México debido a las técnicas inadecuadas de irrigación. Y algo peor todavía, es el hecho de que las técnicas ineficientes de riego provocan una enorme pérdida de agua, tanto por los altos niveles de pérdidas en los canales de distribución, como por el despilfarro de aguas en los campos de cultivo, cuyas dimensiones son tales que se estima podrían cultivarse con la mitad de agua que hoy se utiliza.³⁶

Así mismo, como tercer aspecto, será el de actuar de manera conjunta con otras naciones, como parte de una comunidad internacional, para afrontar el grave problema del deterioro ambiental, provocado por la emisión mundial de gases de efecto invernadero, que es el mayor desafío para la humanidad en el siglo XXI.³⁷

Por lo tanto, las políticas públicas de un Estado deberán contemplar, para un camino promisorio bajo en carbono, la adopción de tecnologías limpias o bajas en carbono, como se ha señalado en el Estudio Económico y Social Mundial 2011, elaborado por la ONU, el cual manifiesta que la humanidad necesita llevar a cabo en las próximas décadas una reestructuración tecnológica para evitar los efectos catastróficos del cambio climático y de la degradación del medio ambiente.³⁸

³⁴ Con base en, *Ibid*, p. 259.

³⁵ Con base en, José Luis Calva, *op. cit.* p. 11.

³⁶ Con base en, *Ibid*, p. 12.

³⁷ Con base en, *Idem*.

³⁸ Con base en, Organización de las Naciones Unidas, *Estudio Económico y Social Mundial 2011*, New York, 2011, citado en, José Luis Calva, *op. cit.*, p. 12.

Para llevar a cabo lo anterior lo anteriormente expuesto, sólo se podrá lograr en el tiempo requerido, mediante políticas públicas que promuevan incentivos y desincentivos referentes a la adopción de tecnologías bajas en carbono, y que fomentan las inversiones en investigación y desarrollo de tecnologías eficientes.³⁹

De acuerdo a los cursos de acción internacionales, contra el calentamiento global se orienta a contener la deforestación. La pérdida de bosques naturales en el mundo contribuye más a las emisiones globales anuales que el sector de transporte. En consecuencia, la detención de la deforestación sería una manera altamente rentable de reducir las emisiones.⁴⁰

Por otro lado, existen obstáculos importantes que afectan el diseño y avances de las políticas ambientales, entre ellos se encuentran:⁴¹

1. Consecuencias que pudieran generarse sobre el crecimiento económico, la competitividad, el empleo y en general sobre el bienestar, debido a la puesta en marcha de las políticas ambientales.
2. Presiones por la adopción de precios bajos o distorsionados, además por acceder a los recursos naturales y de la energía, y por contar con medidas para cuantificar la generación de impactos.
3. Poco interés en asuntos ambientales por parte de autoridades ambientales, hacendarias, comerciales, agropecuarias, de infraestructura y de turismo.
4. Inadecuada coordinación entre las secretarías de Estado y entre los distintos órdenes de gobierno.
5. Incertidumbre sobre los costos de las inversiones ambientales, el ajuste en los precios y los subsidios, entre otros.
6. Poco apoyo en el nivel internacional.

En cuanto a los principales riesgos identificados para el avance de las estrategias de desarrollo sustentable después de 2012 fueron los siguientes:⁴²

1. Demasiada concentración en el crecimiento económico y no en temas ambientales, y renuencia entre las industrias por defender sus intereses de producción y comercialización.

³⁹ Con base en José Luis Calva, *op. cit.* p. 12.

⁴⁰ Con base en, *Ibid.* p. 13.

⁴¹ Con base en, *Ibid.* p. 36.

⁴² Con base en, *Ibid.* pp. 36, 37.

2. Liderazgo poco entusiasta en la promoción de programas ambientales transformadores.
3. Poca integración y coherencia entre las diferentes estrategias sectoriales.
4. Aumento de la vulnerabilidad por los desastres naturales y, en general, por las consecuencias del cambio climático.
5. Desacuerdos entre los diferentes actores políticos que pueden retrasar la adopción de acuerdos ambientales de largo alcance.

Por lo tanto, se necesitan políticas estatales firmes y de claros objetivos en la investigación y desarrollo de tecnologías, pues se debe alinear la política económica, junto con una política energética de recursos renovables, para encaminarse a un nuevo sistema económico y energético, más limpio y seguro para los habitantes del planeta, pues los beneficios económicos y sociales podrán ser muchos. Entre ellos, posiblemente, estarán la equidad y la justicia energética.⁴³

D.1 Derechos medioambientales

Dentro del marco de los derechos que posee un individuo, deberían incluirse los derechos y responsabilidades medioambientales, incluso también los derechos que poseen las generaciones subsiguientes. Algunos de los derechos y responsabilidades deberían incluir algunos de los temas siguientes:⁴⁴

1. Generaciones futuras y especies animales como referentes morales.
2. Creación de leyes sobre el derecho a conocer las sustancias contaminantes y tóxicas, que el gobierno está obligado a proporcionar, tanto de manera regular como cuando grupos o comunidades de individuos lo soliciten.
3. El establecimiento de foros públicos en lo que pueda evaluarse el impacto ambiental de la nueva tecnología o de propuestas de desarrollo.
4. Derechos de litigio de terceras partes, que permitan a las ONG y a los ciudadanos interesados asegurarse de que las normas medioambientales estén siendo respetadas.

⁴³ Con base en, Arturo Bonilla, *op. cit.*, p. 234.

⁴⁴ Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, p. p. 140, 141.

5. Aceptación del principio de que quien contamina paga, con sanciones para quienes provoquen daños medioambientales.
6. La obligación de que ciudadanos, empresas y grupos de la sociedad civil actúen como agentes positivos del cambio medioambiental, y no sólo que eviten actos destructivos.

D.2 Estrategia impositiva

En referencia a los aspectos tributarios que pueden ser empleados como estrategia para detener la contaminación ambiental, se destaca que pueden ser de dos tipos: el primero, en el que la recaudación se destine para fines medioambientales, con el objetivo de influir en el comportamiento de manera conjunta con los objetivos de aminorar los efectos ocasionados por el cambio climático. Así mismo, la recaudación obtenida se deberá invertir en el desarrollo de tecnologías renovables. El segundo tipo de categoría, a manera de estímulo, se refiere al convencimiento de la gente para que utilice coches más eficientes en el consumo de combustible, o incluso reducir el kilometraje que recorren cada año.⁴⁵

El sentido que se le da a los impuestos al carbono, es el de contribuir a eliminar la responsabilidad de los agentes contaminantes, e incluso incluir dentro de su cálculo del costo total, el costo ambiental para las generaciones futuras. Como ejemplo de lo anterior, se debería incluir en el costo de los alimentos producidos mediante la agricultura a gran escala, que utiliza fertilizantes y pesticidas, el impacto destructivo que éstos ejercen sobre el suelo. Así mismo, incluir la contaminación que provoca el transporte que distribuye a los alimentos por todo el mundo.⁴⁶

También, los impuestos sobre el uso de los recursos deberían incluirse al proceso de producción, con el objeto de obtener un cálculo más exacto en el proceso de manufactura. Con lo anterior, se lograría aumentar la eficiencia en el uso de la energía y la innovación desde el inicio del ciclo de producción, reduciendo de ésta manera, la necesidad de reciclaje posteriormente.⁴⁷

Un principio fundamental de la carga impositiva, es que se debería gravar con mayores tasas a los responsables de las fuentes contaminantes y menos a los que cuentan con medidas de protección en favor del medio ambiente. Lo que también se buscaría es estimular activamente, vía incentivos, a los que procuran el bienestar en el medioambiente sobre el cambio climático, y de ésta forma fomentar, entre otras cosas, las inversiones en tecnología renovable. Imponer una carga impositiva a los agentes contaminantes, implicaría que cada

⁴⁵ Con base en, *Ibid*, p. 176.

⁴⁶ Con base en, *Idem*.

⁴⁷ Con base en, *Ibid*, p. 177.

vez más procurarían actuar en favor del medioambiente, a medida que la tributación produzca las mejoras esperadas. Aunque si bien, es cierto, que los ingresos de dichas fuentes contaminantes disminuirán inevitablemente, e incluso si los impuestos toman la forma de incentivos, pero se lograría actuar en favor sobre las generaciones futuras.⁴⁸

D.3 Estrategias de adaptación frente al cambio climático

Es inevitable que en los siguientes años, el cambio climático afectará la vida humana y animal, por lo que se entraría en un proceso de adaptación respecto de sus consecuencias. Por lo tanto, se espera que el diseño de políticas adecuadas, actúen en favor de los procesos de adaptación.⁴⁹

El término adaptación, implica reaccionar ante las consecuencias del cambio climático una vez que ha ocurrido. Sin embargo, la adaptación, al igual que los esfuerzos por limitar el calentamiento del clima mundial, debe ser en la medida de lo posible, anticipada y preventiva, con base, evidentemente en un plan estratégico.⁵⁰

En cuanto a la adaptación anticipada, ésta se encuentra relacionada con un diagnóstico adecuado que contemple las respuestas a las vulnerabilidades, éstas a su vez, estarán relacionadas con los riesgos ocasionados por los impactos ambientales. En lo referente a la resistencia, que es el lado opuesto a la vulnerabilidad, se refiere a la capacidad de adaptación, tal capacidad no sólo de afrontar cambios o impactos externos sino, de responder activa y positivamente frente a ellos. Ésta capacidad, puede ser una propiedad del entorno físico, de una sociedad o un grupo. Así que, se espera que la sociedad y/o grupos actúen juntos para modificar y transformar los modos de vida existentes, en caso de ser necesario.⁵¹

Los gobiernos deberán ayudar a fomentar la innovación y creatividad, mediante procesos de promoción para la adaptación, en los ámbitos referentes a la empresa y la sociedad civil. También, se requiere la participación ciudadana, con un pleno conocimiento de derechos y responsabilidades. Así mismo, es importante tomar en consideración que la financiación de los proyectos de adaptación, competirán en cierta medida, con las inversiones para la mitigación.⁵²

Uno de los aspectos más importantes de la política de adaptación será realizar un mapa detallado de vulnerabilidades local y nacional. En éste proceso se puede generar una serie de innovaciones al igual que ocurrirá con las estrategias de mitigación, por ejemplo. Algunos de dichos cambios pueden tener validez en sí mismos, por ejemplo, las acciones que promuevan

⁴⁸ Con base en, *Idem*.

⁴⁹ Con base en, *Ibid*, p. 188.

⁵⁰ Con base en, *Ibid*, p. 189.

⁵¹ Con base en, *Ibid*, pp. 190, 191.

⁵² Con base en, *Ibid*, p. 192.

el uso más eficiente del agua, sistemas perfeccionados de predicción meteorológica o la introducción de cosechas suficientemente resistentes como para producir, bajo circunstancias desfavorables. La adaptación implica pensar por adelantado de forma sistemática, y ésta debería entenderse no sólo como una búsqueda y superación de las vulnerabilidades, sino también como una investigación, sobre cómo actuar en función de las estrategias de mitigación.⁵³

Las formas de adaptación más difíciles de gestionar serán inevitablemente las relacionadas con los cambios en el clima con consecuencias devastadoras para las sociedades, como ha estado ocurriendo ya, en diferentes latitudes del orbe mundial. En las pasadas tres décadas, el número de catástrofes naturales ha aumentado considerablemente. La mayor parte de ellas estaban relacionadas con el clima. De hecho, treinta y cuatro de las grandes catástrofes producidas desde 1970 ocurrieron entre 1988 y 2006. Tales cifras han quedado sustentadas por las reclamaciones que se han suscitado en las compañías de seguros. Por ejemplo, de unas dieciséis mil catástrofes naturales durante el periodo comprendido entre 1980 y 2005, se han agrupado en seis categorías en función de las pérdidas que causaron a las aseguradoras:⁵⁴

1. Pequeñas pérdidas (hasta 10 millones de dólares).
2. Pérdidas medianas (de 10 a 60 millones de dólares).
3. Pérdidas medianas graves (de 60 a 200 millones de dólares).
4. Pérdidas graves (de 200 a 500 millones de dólares).
5. Pérdidas desastrosas (de 500 a 1,000 millones de dólares).
6. Pérdidas extremas (superiores a 1,000 millones de dólares).

Ya ha habido importantes logros en materia de política energética, por ejemplo, la propuesta de la Comisión Europea es que para el año 2020, los países desarrollados reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero un promedio de 30 por ciento por debajo de los niveles de 1990. Para lograr éste propósito, la Unión Europea tomará la iniciativa reduciendo sus emisiones un 20 por ciento. La reducción alcanzará un 30 por ciento combinado con un obligatorio 10 por ciento como mínimo de utilización de biocombustibles en el sistema de transporte.⁵⁵

⁵³ Con base en, *Ibid*, pp. 192, 193.

⁵⁴ Con base en, *Ibid*, pp. 200, 201.

⁵⁵ Con base en, *Ibid*, p. 223.

D.4 Eficiencia energética

También, se requieren inversiones de mayor envergadura para mejorar los sistemas en la producción y utilización de la energía, por ejemplo en Rusia, en vista del gran desperdicio que se ha presentado en dicho país, como en muchos otros. Tan sólo, el volumen de gas que se quema en el aire cada año en ese país, equivale a una cuarta parte del total de las exportaciones de gas rusas en Europa. Además de que los gaseoductos añaden una cantidad sustancial a ese total debido a los desperdicios que se presentan.⁵⁶

La transferencia de tecnología deberá venir acompañada de mecanismos para hacer extensiva esa tecnología, mediante la formación técnica y la financiación en investigación y desarrollo (I+D). Para que éste proceso se lleve a cabo, será necesario modificar la regulación a las protecciones de las patentes.⁵⁷

Se deberá promover políticas que se coordinen con los intereses de los países en vías de desarrollo y a la vez tengan como resultado la reducción de emisiones. Un ejemplo de lo anterior, sería la posibilidad de abastecer a China con tecnología de gas natural de última generación, lo que contribuiría a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en todo el mundo.⁵⁸

Será necesario también, promover la importancia económica de mejorar la eficiencia energética, ya sea a través de la tecnología o de otros medios. Estos beneficios son un vínculo positivo y crucial entre seguridad energética y cambio climático, ya que en este tema ambos van en la misma dirección. La eficiencia energética juega un rol importante para generar mayor competitividad, y tendrá un impacto positivo para la toma de decisiones sobretodo en los países en vías de desarrollo, en vista de que habrá una contribución marcada entre la reducción de emisiones y la mejora en la competitividad.

Lo mismo ocurrirá en el ámbito empresarial, por lo que se recomienda que las compañías estén tomando más conciencia de los aspectos medioambientales. Si las industrias desarrollan políticas medioambientales pueden generar ventajas competitivas, ya que sus logros influirán de manera positiva a su vez, en otras industrias. Será crucial también, la innovación en las políticas sociales, por ejemplo, en el campo de la salud.⁵⁹

⁵⁶ Con base en, *Ibid*, p. 251.

⁵⁷ Con base en, *Ibid*, p. 253.

⁵⁸ Con base en, *Idem*.

⁵⁹ Con base en, *Ibid*, p. 256.

D.5 Papel de China y EU

Se espera que naciones como Estados Unidos y China actúen de manera conjunta, ya que, en lo referente al cambio climático y a la seguridad energética, tienen mucho por contribuir. Si no se presenta tal unión, serán entonces contendientes y van a entonces a precipitar un escenario en el cual la lucha por los recursos domine la política mundial y, al mismo tiempo, el cambio climático continúe con su rumbo hacia mayores catástrofes.⁶⁰

El gobierno de China ha entendido que su país no puede seguir el mismo camino que recorrieron las naciones industrializadas de occidente para su desarrollo. Es decir, no puede continuar con emisiones al aire a gran escala con la promesa de reparar los daños posteriormente. Si bien es cierto, que el gobierno chino se negó a adoptar objetivos obligatorios frente a la reducción de emisiones, su Plan de Cambio Climático publicado en el año 2006, es minucioso y prevé un mayor interés hacia fuentes de energía renovables, siguiendo un programa similar al previsto por los países desarrollados. Establece, por ejemplo, la meta de incrementar la proporción de electricidad procedente de fuentes de energía renovables en un 16 por ciento para el año de 2020.⁶¹

D.6 Transición hacia la sustentabilidad

Se trata de reorientar la economía desde sus cimientos, sobre bases ecológicas y culturales, y para ello se tiene que asumir mayores responsabilidades sobre el medio ambiente; significa generar otras vías para la satisfacción de necesidades, deseos y aspiraciones humanas. En ésta perspectiva, los sistemas ecológicos también aportan cosas importantes a esa nueva economía, esto en sí es un nuevo modelo productivo que deberá ser incorporado al campo de la economía ecológica.⁶²

Es importante señalar que la economía tradicional establecida no valora la productividad ecológica en su justa medida. Sin embargo, los servicios que ofrecen los sistemas naturales, como por ejemplo, los bosques tropicales como reserva ecológica para la captura del bióxido de carbono y como recurso ecoturístico, son abundantes.⁶³

Así mismo también, los bosques tropicales son ecosistemas terrestres muy productivos ya que generan productividad a tasas de 8% anual en lo que respecta a biomasa. Las políticas sobre tecnología, pueden reorientar sus esfuerzos y aplicarse a generar y potenciar ésta

⁶⁰ Con base en, *Idem*.

⁶¹ Con base en, *Ibid*, pp. 256, 257.

⁶² Con base en, Enrique Leff, *Discursos Sustentables*, México, Siglo XXI Editores, 2010, 2ª Ed., p. 26.

⁶³ Con base en, *Ibid*, p. 26.

capacidad de productividad ecológica para alcanzar altos niveles de productividad eco-tecnológica, como ya se mencionó.⁶⁴

En la medida de que el proceso económico-ecológico logre avanzar hacia un equilibrio entre la producción de biomasa como generador de satisfactores y su transformación tecnológica en bienes de consumo, se abre la posibilidad de transitar hacia un orden económico sustentable.⁶⁵

La economía mundial necesita de un reordenamiento, una ruptura, que termine con la sobre-explotación de los ecosistemas, con el objeto de racionalizar los insumos que aportan los recursos naturales. No será fácil hacerlo, pero es una vía segura para llegar hacia la sustentabilidad.⁶⁶

Los retos para el logro de la sustentabilidad, llevan a cuestionar la realidad por la que el mundo ha subsistido hasta nuestros días, la cual se ha basado en una racionalidad antiecológica que se fundamenta en lograr los fines económicos preponderantes sin pensar en el futuro a partir de los potenciales de la naturaleza y la cultura.⁶⁷

La nueva economía debe basarse en una articulación homogénea entre la cultura y naturaleza, es decir, poner de manifiesto la capacidad creativa del ser humano, al servicio de la productividad ecológica del planeta y de cada uno de sus ecosistemas.⁶⁸

Al sector ambiental normalmente se le considera en un rubro aparte e independiente de otros sectores tradicionales de la gestión pública del desarrollo. Éstos orientados directamente a los problemas del crecimiento económico, la desigualdad social, la salud, el empleo, la educación, la justicia y la calidad de vida de la ciudadanía, podrán contribuir mejor hacia la sustentabilidad. Sin embargo, es necesario reconocer que no puede haber un crecimiento sostenido de la economía mientras se destruye el capital natural del país. Aunado a lo anterior, no se toma en cuenta los cálculos económicos sobre el aporte de los ecosistemas, lo cual no permite dar su justo valor al patrimonio de recursos naturales e internalizar sus costos y beneficios dentro de las políticas sectoriales y de desarrollo económico.⁶⁹

México es uno de los cinco países con mayor diversidad del mundo, y ha perdido ya el 95% de sus bosques tropicales; la deforestación avanzó en los años noventa a una tasa de 348,000 hectáreas anuales. También, el 75% del territorio nacional presenta diferentes grados de erosión, lo que conlleva a la pérdida de biodiversidad y la erosión genética de la variedad de semillas que ha sido la base del sustento vital del pueblo mexicano. Así mismo, los procesos

⁶⁴ Con base en, *Ibid*, p. 27.

⁶⁵ Con base en, *Ibid*, pp. 27, 28.

⁶⁶ Con base en, *Ibid*, p. 28.

⁶⁷ Con base en, *Ibid*, p. 29.

⁶⁸ Con base en, *Ibid*, pp. 27, 28.

⁶⁹ Con base en, Enrique Leff, *op. cit.* p. 128.

de salinización, contaminación de los suelos y mantos freáticos afectan una pérdida importante de la fertilidad y del potencial productivo de las tierras. El agua, que era un recurso abundante y gratuito, se ha convertido en un recurso escaso.⁷⁰

La diversidad de condiciones geográficas, ecológicas y culturales del país señalan el camino para instrumentar políticas regionales y locales de desarrollo sustentable para los estados, los municipios y las comunidades, dentro de las propiedades de la descentralización económica. Ello implica la necesidad de avanzar hacia un nuevo federalismo, que asegure la gobernabilidad democrática y la gestión participativa de los recursos ambientales de México.⁷¹

Por lo tanto la sustentabilidad de los ecosistemas, sólo será posible si se aborda desde la perspectiva intersectorial, mediante la instrumentación de políticas coordinadas e integrales y un enfoque de manejo integrado, así como el fortalecimiento de las capacidades locales de gestión y una mayor eficiencia administrativa del gobierno en su conjunto. En éste sentido, resulta evidente la necesidad de valorar desde el punto de vista de la economía, no sólo los recursos naturales, sino también las afectaciones al ambiente. Por lo que es fundamental que se reconozca el valor de los servicios ambientales, ya que sólo así, será posible instrumentar los mecanismos que permitan una distribución más justa del costo ambiental que representan las diferentes actividades económicas.⁷²

Normalmente dentro de las propuestas sobre el desarrollo y el medio ambiente, generalmente se destacan unos puntos sobre otros, sin embargo, hay omisiones importantes que no se incluyen. A continuación, se presentan en las siguientes tablas (6.5 y 6.6) estos aspectos, que son desde luego trascendentes para diseñar una transición hacia una sustentabilidad:⁷³

Tabla 6.9 Propuestas y omisiones sobre el desarrollo.

Las propuestas internacionales generalmente destacan los siguientes aspectos	Las propuestas internacionales generalmente omiten los siguientes aspectos.
El desarrollo es un requisito, una obligación, un destino.	La economía es parte de la esfera social, es un aspecto de la realidad: resulta de elecciones responsables.
El desarrollo es el crecimiento económico.	El desarrollo es una opción, una elección. El requisito es reflexionar sobre la noción de desarrollo y justificar una concepción particular.

⁷⁰ Con base en, *Idem*.

⁷¹ Con base en *Ibid*, p. 129.

⁷² Víctor M. Toledo (Coord.), *La Biodiversidad de México, Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y Fondo de Cultura Económica, 2010, p. 57.

⁷³ Edgar J. González Gaudiano, (Coord.), *Educación, medio ambiente y sustentabilidad, México*, Universidad Autónoma de Nuevo León y Siglo xxi Editores, pp. 39, 40 y 45.

La pobreza es un problema clave, la causa principal de los problemas sociales y ambientales.	El desarrollo es el despliegue de todo espectro de potencialidades humanas en un contexto específico.
El desarrollo es un asunto global para la gestión mundial.	La pobreza es el síntoma de formas de alineación más profundas. La pobreza contemporánea es causa por la apropiación de recursos económicos y los abusos ambientales y sociales por la minoría privilegiada.
El desarrollo es una solución.	El desarrollo es un posible problema.
La importancia de la cooperación, la solidaridad y la interdependencia para lograr el desarrollo a nivel mundial.	La importancia de la autonomía, la auto-gestión, la confianza en sí mismo, como bases de las verdaderas cooperación y solidaridad.

Fuente: Elaboración propia con base en, Édgar J. González Gaudiano, (Coord.), *Educación, medio ambiente y sustentabilidad, México*, Universidad Autónoma de Nuevo León y Siglo xxi Editores, p. 45.

Tabla 6.10 Propuestas y omisiones sobre el medio ambiente.

Las propuestas internacionales generalmente destacan los siguientes aspectos	Las propuestas internacionales generalmente omiten los siguientes aspectos.
Una definición general y amplia del medio ambiente total.	Una definición contextual, culturalmente significativa y operacional.
El medio ambiente es una reserva de recursos por explotar. Corresponde a un conjunto de problemas por resolver.	El medio ambiente tiene su valor intrínseco; debería ser comprendido a través de sus numerosas dimensiones, como la naturaleza, una casa de vida compartida o un proyecto comunitario.
Es necesario gestionar el medio ambiente.	Es necesario reflexionar sobre el medio ambiente y nuestras relaciones con él.
La estrategia principal es maximizar la economía basada en el medio ambiente.	El proceso principal debería ser la una economía basada en la ecología que es el capital de la naturaleza.
El foco es sobre las relaciones entre la sociedad, el medio ambiente y la economía, para el desarrollo.	Las múltiples dimensiones de la relación humano-medio ambiente deben ser consideradas.
El medio ambiente es indisociable del desarrollo.	Los enfoques al medio ambiente pueden a veces estar disociados de las cuestiones relativas al desarrollo.
El desarrollo y el crecimiento van a resolver los problemas ambientales.	El desarrollo y el crecimiento podrían empeorar los problemas ambientales y sociales.
Se puede confiar en los logros de las ciencias ambientales y tecnológicas.	Es necesario valorar los distintos enfoques sobre el medio ambiente, verlo no sólo como objeto externo que debe investigarse y gestionarse.
Los niños deben comprometerse con el medio ambiente.	El desarrollo de los niños requiere ambientes apropiados. Los niños pueden encontrar sus maneras de comprometerse con el mundo.
Hasta ahora, los resultados son insatisfactorios. Hay una urgencia.	Algunos resultados son prometedores. Es necesario avanzar firmemente pero con prudencia, rigor discernimiento y precaución.

Fuente: Elaboración propia con base en, Édgar J. González Gaudiano, (Coord.), *Educación, medio ambiente y sustentabilidad, México*, Universidad Autónoma de Nuevo León y Siglo xxi Editores, pp. 39, 40.

Entre los retos importantes que enfrentarán las sociedades del mundo actual, y en especial México, será el de implementar una cultura ambiental sustentable inspirada en valores, en defensa del medio ambiente, como sustento de la conservación de los hábitats naturales, para que de ésta forma se propicie un desarrollo sustentable.⁷⁴

Para lograr lo anterior se precisa de conocimiento histórico de la cultura del pueblo mexicano y en general de cada país, en lo que respecta a cuestiones ideológicas y de carácter social y económico, en tiempo y espacio. Así, la creación de nuevos valores ambientales, se sustenta en la necesidad de cambio en la forma en que han venido operando las estructuras en las cuales se concibe las relaciones sociales con el medio ambiente, sujetas a esquemas jerárquicos de dominación.⁷⁵

Es ampliamente aceptado que el problema de la cultura se encuentra estrechamente vinculado con una crisis de valores éticos. Además, la ética ha sido un componente importante de temas ambientalistas. Desde luego, los temas ambientales conllevan perspectivas éticas de muy diversa índole que van desde aquellas promovidas por la ecología profunda en cuanto a los derechos de la naturaleza, hasta las que impulsa la ecología de los pobres, sobre la ausencia de una justicia social global. La discusión ética en el campo de temas ambientales descansa sobre los fundamentos de las necesidades humanas y la protección del medio ambiente.⁷⁶

La sustentabilidad puede llevar a condiciones propicias para el desarrollo, siempre y cuando se tome nota de los siguientes aspectos:⁷⁷

1. La demarcación de los límites físicos a los procesos de desarrollo propician el incremento de la eficiencia de los sistemas productivos.
2. El modelo actual de desarrollo capitalista centrado en el crecimiento por sobre todas las cosas, con un enfoque productivista, orientado sólo a optimizar beneficios y buscando una alta rentabilidad de corto plazo, no tiene fundamentos sustentables y, por lo mismo, inequitativo en la distribución de los costos y beneficios del proceso de desarrollo mundial.
3. Se busca lograr una homogeneidad en la concepción y estrategias de desarrollo sustentable, para que exista mayores posibilidades de instrumentación ya que éstas dependerán de las condiciones inherentes, plazos y escalas en cada ámbito, así como la aplicación de enfoques de sistemas complejos.

⁷⁴ Con base en, Adalberto Santana (Coord.), *Energía, Medio Ambiente y Política en América Latina*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), Centro de Investigaciones sobre América Latina y el Caribe, 2011, pp. 86, 87.

⁷⁵ Con base en, *Ibid*, p. 87.

⁷⁶ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *De las Teorías al Desarrollo Sustentable*, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Siglo xxi editores, 2012, pp. 174-194.

⁷⁷ Con base en, *Ibid*, pp. 191-194.

4. Dados los problemas para implementar satisfactoriamente el desarrollo sustentable, se requerirán esfuerzos teóricos y decisiones pragmáticas, pero sobre todo muchos principios éticos en el ámbito de la política.
5. Será necesario identificar las condiciones precarias existentes, en vista de que el desarrollo sustentable es irrealizable en estos entornos, con rasgos tan vulnerables y carentes de los servicios y satisfactores más elementales, además de presentarse en circunstancias de conflictos bélicos y violencia sistemática, en ausencia de un Estado de derecho. También, es vital corregir el rumbo de la cultura, ya que si no se tiene cabida a ejercicios democráticos de participación social consistente y bien formada que definan nuevas reglas de decisión colectiva y de solución de conflictos.
6. Fortalecer la puesta en marcha de políticas de eco-eficiencia, producción limpia, reciclaje; impulsando con ello la investigación científica y el desarrollo tecnológico en áreas afines e incluso promoviendo nuevas disciplinas de interfase (agroecología, economía ecológica, bioética, socio-ecología, etc.).
7. Con base en la transparencia y la gestión adecuada de la información se está activando el interés de la ciudadanía para participar en la definición de estrategias que lleven a la defensa de sus derechos sociales y justicia ambiental. Esto podría propiciar movimientos de cambio en las estructuras de gobierno. Construir ésta alianza podría ser el principal objetivo de una re-direccionada educación para el desarrollo sustentable.
8. La apertura hacia un mundo sustentable ha permitido reactivar el diseño de políticas y modelos de desarrollo, sobre la justicia social y el respeto a las diferencias lo cual ha venido cayendo debido a las concepciones neoliberales centradas exclusivamente en el mercado.
9. Ha quedado de manifiesto que el proceso de desarrollo impulsado por la globalización, con base en la industrialización a gran escala, es a todas luces poco sustentable y estará cada vez más en dirección de escenarios de catástrofe ecológica y agudización de las muy marcadas desigualdades existentes.
10. El enfoque basado en la sustentabilidad puede ser una propuesta viable si está dirigida a un nuevo esquema de política internacional más justa y equitativa, siempre y cuando se desenvuelva en situaciones ajenas a los intereses que hegemonizan el espacio económico, social y ambiental del desarrollo.
11. Las empresas deberán formular todo un sistema de desarrollo sustentable, en el cual estén involucrados tanto los directivos, como los empleados de la misma,

así como los asesores y proveedores de servicios; éste sistema de sustentabilidad deberá ser implementado en forma integral en toda la empresa y en sus filiales y asociadas y deberá comprender entre otros elementos, los manuales de políticas ambientales.⁷⁸

Parte de la raíz del problema, es que los mecanismos de desarrollo se basaron en el crecimiento económico por sobre todas las cosas y consideraba a la equidad social como un subproducto o un aspecto secundario. Ahora, el enfoque prioritario es invertir la ecuación, es decir, el crecimiento económico debe verse esencialmente como una consecuencia del bienestar social.⁷⁹

Por lo que se debe buscar una sustentabilidad global que impida acabarse los recursos del planeta, porque la humanidad se encuentra ya muy por encima de la capacidad de los ecosistemas para seguir prestando los servicios ambientales que asumimos como bienes comunes, gratuitos e ilimitados. Así también, deben armonizar todos los mecanismos de desarrollo sustentable de manera integral porque éstos son intrínsecamente constitutivos de un verdadero desarrollo.⁸⁰

Todavía no se ha desarrollado una tecnología amplia con base en el hidrógeno que pueda sustituir a los combustibles fósiles, las características de ésta energía es que podría satisfacer la demanda energética mundial y sin dañar el medio ambiente, además de que es un elemento con mayor presencia en el universo y no produce emisiones de gases de efecto invernadero.

El mercado ya tiene disponibles para su uso en el hogar y en la industria células de combustible que utilizan hidrógeno.⁸¹ Sin embargo todavía falta por ver el desarrollo de éste combustible para el futuro, se espera que pueda remediar la situación del cambio climático, pero faltaría por solucionar las luchas por conservar la hegemonía mundial y también actuar en pro del medio ambiente.

En fin soluciones hay muchas, sólo falta buena voluntad y disposición de todos y cada uno de los diferentes sectores y niveles de gobierno así como de cada individuo y la sociedad en general.

Se necesita realizar inversiones importantes en investigación y desarrollo en áreas estratégicas como en tecnología que mitigue los efectos ocasionados por el cambio climático. También será necesario desprendernos de la tan marcada dependencia por los combustibles

⁷⁸ Gabriel Espino García, *Sustentabilidad en las Empresas*, México, Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C., 2009, pp. 16, 17.

⁷⁹ Con base en, Esthela Gutiérrez Garza y Édgar González Gaudiano, *op. cit.*, p. 194.

⁸⁰ Con base en, *Idem*.

⁸¹ Con base en, Anthony Giddens *op. cit.*, p. 154.

fósiles y empezar a cimentar un futuro sobre bases sólidas como lo es la sustentabilidad, para que de ésta forma se logre el verdadero desarrollo en todos los ámbitos de cada país o región.

D.7 Líneas de investigación futuras

Con base en la presente investigación realizada, es importante destacar que se puede continuar desarrollando temas en específico, como lo son: la cuantificación de los costos sobre el cambio climático, el diseño de políticas específicas sobre la implementación de la sustentabilidad a nivel individuo, empresarial y social, así como también, las estrategias a seguir para la sustitución de los combustibles fósiles por tecnologías que produzcan energía limpia, y desde luego también, la elaboración de un mapa de administración de riesgos para mitigar los efectos adversos ocasionados por el cambio climático.

Otras líneas de investigación que también se pudieran desarrollar a partir del presente trabajo, es la elaboración de un plan estratégico e integral para abatir los efectos por el cambio climático, así mismo, otro tema que se puede contemplar es desarrollar la fórmula para calcular la capacidad de carga del planeta.

xvi Fuentes de información consultadas

Bibliografía

- ARAGÓN AVILÉS**, Sandra, Teófilo M. De Sousa, *Soluciones Rentables con Energía Solar*, Brasilia, Lighthouse, E-Book, 2014, 142 págs.
- ASSADOURIAM**, Erick, Tom Prugh, et. al., *Is Sustainability Still Possible?*, State of the world, Washington, The World Watch Institute, Island Press, 2013, 441 págs.
- BENJUMEA HERNÁNDEZ**, Pedro Nel, Jhon Ramiro Agudelo Santa María, Luis Alberto Ríos, et. al., *Biodiesel, Producción, Calidad y Caracterización*, Medellín, Universidad de Antioquia, 2009, 141 págs.
- BLOCK KORNELIS**, William Here, Niklas Hohne, et, al, *Bridging the Emissions Gap, A UNEP Synthesis Report*, Nairobi, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2011, 56 págs.
- BONILLA SÁNCHEZ**, Arturo, Isaac F. Palacios Solano, y Sergio Suárez Guevara, (Coord.), *Cambios en la Industria Petrolera y de la Energía*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Casa Juan Pablos, 2008, 238 págs.
- CALVA**, José Luis, (Coord.), et. al., *Sustentabilidad y desarrollo ambiental, Agenda para el desarrollo*, México, Porrúa, UNAM, Volumen 14, 2007, 302 págs.
- CALVA**, José Luis, (Coord.), et. al., *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable, Análisis Estratégico para el Desarrollo*, México, Consejo Nacional de Universitarios, Volumen 14, 2012, 411 págs.
- CAMPBELL**, Neil A., Jane B. Recce, *Biología*, Madrid, Panamericana, 2007, 7ª Ed., 1229 págs.
- CHESNEY LAWRENCE**, Luis, *Desarrollo sustentable y conciencia ambiental*, Washington, Eco Publicaciones, 2012, 102 págs.
- COMMON**, Michael, Sigrid Stagal, *Introducción a la Economía Ecológica*, Barcelona, Reverté, 2008, 552 págs.
- DOMÍNGUEZ GÓMEZ**, José Antonio, *Energías Alternativas*, Madrid, Equipo Sirius [s.a], 3ª Ed, 202 págs.
- ESPINO GARCÍA**, Gabriel, *Sustentabilidad en las Empresas*, México, Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C., 2009, 166 págs.

- GABRIELLE**, Norberto Adrián, *Sales de potasio de la formación de Huitrín (cretácico inferior), provincias de Mendoza y Neuquén*, Buenos Aires Argentina, Revista de la Asociación Geológica Argentina, Tomo 47, No. 3, 1992, 257-352 págs.
- GALÁN GARCÍA**, José Luis, *Sistema de Unidades Físicas*, Barcelona, Reverté, 2007, 311 págs.
- GAMBRAND**, J.L., *La última oportunidad para salvar el planeta*, Buenos Aires, E-book, [s.a], 94 págs.
- GIDDENS**, Anthony, *La Política del Cambio Climático*, Madrid, Alianza Editorial, 2009, 303 págs.
- GÓMEZ** Teo, Pere Romanillos, *El Cambio Climático, Pasado, presente y futuro de un mundo nuevo*, Barcelona, Océano, 2012, 336 págs.
- GONZÁLEZ GAUDIANO**, Édgar J., (Coord.), *Educación, medio ambiente y sustentabilidad*, México, Universidad Autónoma de Nuevo León y Siglo xxi Editores, 234 págs.
- GORE**, Al, *La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*, Barcelona, Gedisa Editorial, 2007, 328 págs.
- GUILLÉN SOLÍS**, Omar, *Energías Renovables, una perspectiva ingenieril*, México, Trillas, 2004, 128 págs.
- GUTIÉRREZ GARZA**, Esthela, Édgar González Gaudiano, *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable, Construcción de un enfoque multidisciplinario, México, Siglo xxi editores en coedición con la UANL, reimpresión, 2012, 216 págs.*
- JIMÉNEZ CISNEROS**, Blanca Elena, *La Contaminación Ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada*, México, Lumusa Editores, Instituto de Ingeniería UNAM, 2001, 925 Págs.
- KLARE**, Michael T., *Planeta sediento recursos menguantes, la nueva geopolítica de la energía*, Barcelona, Tendencia Editores, 2008, 475 págs.
- LEFF**, Enrique, *Discursos Sustentables*, México, Siglo XXI Editores, 2010, 2ª Ed., 276 págs.
- LYNAS Mark**, *Seis Grados, El Futuro en un Planeta más Cálido*, Barcelona, Librooks, 2014, 377 págs.
- LÓPEZ LÓPEZ**, Víctor Manuel, *Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable, Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*, México, Trillas, 2009 (Reimp.), 220 págs.
- MALCHÁN ROSAS**, Fernando, *Contaminación Ambiental*, [s.l.e.], E-book, [s.a.], [s.p.].
- MARTÍN**, Sergio Adrián, *Fuentes alternas de energía, Energía limpia para un mundo mejor*, E-book, [s.a], 75 págs.

- MOSQUERA SILVÉN**, Fernando, *Introducción a los Biocombustibles, Una Energía con Futuro*, [s.l.e.], E-book, 2014, 232 págs.
- NEBEL**, Bernard J., Richard T. Wright, *Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenibles*, México, Pearson, 1999, 6ª Ed. 684 págs.
- ONDARZA**, Raúl N., *El Hombre y su ambiente*, México, Trillas, 2012, 3ª Ed. 264 págs.
- ORTUÑO ARZATE**, Salvador, *El mundo del petróleo, origen usos y escenarios*, México, Fondo de Cultura Económica, 2009, 211 págs.
- PAREJA APARICIO**, Miguel, *Radiación Solar y su aprovechamiento energético, nuevas energías*, Barcelona, Macombo, 2010, 319 págs.
- PALACIOS ARRIBAS**, Luis, *Cuaderno elemental de la energía de la biomasa*, Madrid, Comunidad de Madrid, E-Book, 2006, 112 págs.
- PARDO Mercedes**, Maribel Rodríguez, *et. al., Cambio Climático y Lucha contra la Pobreza*, Madrid, Fundación Carolina 2010 y Siglo XXI de España editores, 2010, 528 págs.
- PILATOWSKY FIGUEROA**, Isaac, Rodolfo Martínez Strevel, *Sistemas de calentamiento solar de agua, una guía para el consumidor*, México, Trillas, 2009, 91 págs.
- POLANCO**, Camilo, *Indicadores ambientales y modelos internacionales para la toma de decisiones*, Medellín, Gestión Ambiental, 2006, Volumen 9, No. 2 Agosto de 2006, 42 págs.
- PRIMO YÚFERA**, Eduardo, *Química Orgánica Básica y Aplicada, De la molécula a la industria*, Barcelona, Reverté, 2007, 1249 págs.
- RITTER HOWARD**, L., *Introducción a la Química*, Miami, Reverté, 2005, 637 págs.
- RODRÍGUEZ MONTERO**, Mario, (Coord.), *Perfil Energético de América del Norte*, México, Secretaría de Energía, 2002, 72 págs.
- ROLDAN VILORIA**, José, *Fuentes de Energía, Instalaciones Eólicas, Instalaciones Solares Térmicas*, Madrid, Cengage L. Paraninfo, 2008, 189 págs.
- SANSÓN MIZRAHI**, Roberto, *Crisis Global: Ajuste o Transformación*, Buenos Aires, Colección Opinión Sur, E-Book, 2012, 146 págs.
- SÁNCHEZ COHÉN**, Ignacio, Gabriel Díaz Padilla, *et. al., Elementos para entender el cambio climático y sus impactos*, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2011, 167 págs.

SANTOYO, Edgar Rolando, *Geotermia, Energía de la Tierra*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, E-book, 2012, 213 págs.

SAXE FERNÁNDEZ, John, (Coord.), *La Energía en México, Situación y alternativas*, México, Universidad Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, 2009, 371 págs.

SANTANA, Adalberto, (Coord.), *Energía, Medio Ambiente y Política en América Latina*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), Centro de Investigaciones sobre América Latina y el Caribe, 2011, 282 págs.

SENGE, Peter, *La Revolución necesaria, cómo individuos y organizaciones trabajan por un mundo sostenible*, Bogotá, Grupo editorial Norma, traducción de Affán Buitrago, 2009, 412 págs.

SPIEGEL, Eric, Neil McArthur, *La nueva era del cambio energético, Opciones para impulsar el futuro del planeta*, México, Mc Graw Hill, 2010, 199 págs.

TIPPENS, Paul E., *Física, Conceptos y Aplicaciones*, México, Mc Graw Hill, 2007 (7ª Ed.), 782 págs.

TOLEDO, Víctor M., (Coord.), *La Biodiversidad de México, Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y Fondo de Cultura Económica, 2010, 354 págs.

TONDA MAZÓN, Juan, *El oro solar y otras fuentes de energía*, México, Fondo de Cultura Económica, 2003, (3ª Ed), 152 págs.

VALVERDE VALDÉS, Teresa, Julia Carabias Lilo, et. al., *Ecología y Medio Ambiente*, México, Pearson-Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México, 2005, 160 págs.

WEISSERMEL, Klaus, et. al., *Química Orgánica Industrial*, Barcelona, Reverté, 1981, 415 págs.

Bibliografía de Organismos e Instituciones Públicas e Internacionales

FAO, *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*, Estudio FAO Riego y Drenaje, 55, Burlington, 1997, 107 págs.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, *Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico*, Madrid, Mook, 2002, 595 págs.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, *Avances y Perspectivas del MINAM en torno a los Indicadores Ambientales*, Lima, Sistema Nacional de Información Ambiental, 2015, 34 págs.

SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *et al*, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 1990-2010*, México, 2013, 344 págs.

SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002*, México 2006, 384 págs.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA, Históricos del Precio del Petróleo, Servicio Geológico Mexicano, México, [s.a.], < <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/energeticos/precios-historicos.html>>, [s.p.].

PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *et al*, *Recursos Mundiales 2002, La Guía Global del Planeta, La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*, E-book, New York, 2002, 254 págs.

VERGARA, Walter, Paul Isbell, Ana R. Ríos, *et al*, *Beneficios para la Sociedad de la adopción de fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), División de Cambio Climático y Sostenibilidad, División de Energía, Nota Técnica, No. IDB-TN-623, [s.l.e.], 2014, 24 págs.

Documentos en PDF y Páginas Web

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, *Nonrenewable Energy Explained*, Whashington, 2012, <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home>, [s.p.].

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, *Key World Energy Estatics 2014*, Washington, 2014, <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>, [s.p.].

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, *Solar Explained*, EUA, [s.a.]<http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=solar_home>, [s.p.].

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, *Biomass Explained*, EUA, [s.a.]<http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biofuel_home>, [s.p.].

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, *Geothermal Explained*, (AIE), EUA, [s.a.], <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=geothermal_home>, [s.p.].

ALCOCER M. Sergio, *Sector Energético en México, Secretaría de Energía*, México, 2011, <<http://cnec.org.mx/wp-content/themes/imdt/ponencias/2011/Archivo%2011.pdf>>, 39 págs.

ARZATE, Esther, *Capital privado y energía geotérmica*, Forbes, México, 2017, <<https://www.forbes.com.mx/capital-privado-y-energia-geotermica/#gs.pCI2DH4>>, s.p.].

ASOCIACIÓN DE ACADEMIAS DE LA LENGUA ESPAÑOLA, Diccionario de la Real Academia Española, México, 2014, 23ª Ed., < <http://dle.rae.es/?id=DdiPwpM>>, [s. p.].

BANCO MUNDIAL, *Informe sobre el Desarrollo Mundial 2010, Desarrollo y Cambio Climático*, Washington, 2010, <<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/EXTDATRESINSPA/EXTRESINSPA/EXTWDRINSPA/EXTIDM2010INSPA/0,contentMDK:22305585~pagePK:64168427~piPK:64168435~theSitePK:5358190,00.html>>, 60 págs.

BARROSO CASTILLO, José, *¿Qué es el Octanaje?*, Cultura Científica, [s.a.], < <http://www.ref.pemex.com/octanaje/que.htm>>, [s.p.].

BOYD, Roy, María Eugenia Ibararán, *El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial*, Gaceta de Economía, Año 16, Número especial, Tomo 1, [s.a.], < <http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/ine-ecc-pc-03-2011.pdf>>, 16 págs.

BRITISH PETROLEUM, *Workbook of historical statistical data from 1965-2011*, Londres, 2013, <<http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>>, [s.p.].

BRITISH PETROLEUM, *Statistical Review of World Energy*, June 2013, Londres 2013, <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf>, p. 8.

BRITISH PETROLEUM, *Oil Production, Estatiscal Review of World Energy*, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, [s.p.].

BRITISH PETROLEUM, *Renewables - Solar consumption - TWh*, Estatiscal Review World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, [s.p.].

BRITISH PETROLEUM, *Renewables Cumulative installed photovoltaic (PV) power- TWh*, Estatiscal Review of World Energy, United Kingdom, June 2012, <<http://www.bp.com/statisticalreview>>, [s.p.].

CADENA AGROINDUSTRIAL, *Etanol, Modelo Molecular del Etanol*, Managua, IICA, 2004, < http://webiica.iica.ac.cr/argentina/documentos/cdd-Cadena_Etanol.pdf>, 24 págs.

CARATORI, Luciano, *Informe de las reservas de hidrocarburos en Argentina entre el 31 de diciembre de 2002 y el 31 de diciembre de 2013*, Instituto Argentino de la Energía, Argentina, 06 de enero de 2014, <http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2015/01/Informe_reservas_2013_IAE_Mosconi.pdf>, 32 págs.

CEPAL, BID. *Cambio Climático una Perspectiva Regional*, Santiago de Chile, 2010. <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/38539/2010-109-Cambio_climatico-una_perspectiva_regional.pdf>, 41 págs.

- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL**, (CONAFORT), *Estrategia Nacional para REED (ENAREDD)*, México, 2014, [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6345Elementos%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20la%20Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20\(Consulta%20final\).pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6345Elementos%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20la%20Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20(Consulta%20final).pdf) >, 109 págs.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD**, *Biodiversidad*, México, Biodiversidad Mexicana, [s.a], <<http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/quees.html>>, [s.p.].
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, CEPAL**, *Una mirada al futuro desde los Objetivos de Desarrollo del Milenio, Informe regional de monitoreo de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), en América Latina y el Caribe*, 2015, <<http://www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx/odm/doctos/InfReg2015.pdf>>, 89 págs.
- DE WULF**, Martin, *Pirámides de Población del Mundo 1950-2100*, Bruselas, 2015, <<http://populationpyramid.net/es/mundo/2002/>>, [s.p.].
- ECONOMÍA DE LA ENERGÍA**, *Energía Eólica, Energía Solar, y otros tipos de energía*, México, Ecología y reciclaje, [s.a.], <<http://www.economiadelaenergia.com/energia-eolica/>>, [s.p.].
- ESTE PAÍS**, *El sector energético en México, Cinco temas clave*, México, 2008, <http://estepais.com/inicio/historicos/205/18_indicadores_el%20sector%20energ.pdf>, 6 págs.
- FERNÁNDEZ BREMAUNTZ**, Adrián, *La reforma energética y la gestión de los residuos ante los compromisos internacionales de México*, México, Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental, [s.a], <<http://docplayer.es/15000518-La-reforma-energetica-y-la-gestion-de-los-residuos-ante-los-compromisos-internacionales-de-mexico.html>>, 19 págs.
- FOSTERS**, Piers, (Coord.), *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, in Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, United Kingdom and New York, Cambridge University Press, 2007, <<http://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-chapter2.pdf>>, 217 págs.
- GALINDO**, Luis Miguel, (Coord.), *La Economía del Cambio Climático en México*, Síntesis, México, SEMARNAT, SHCP, 2009, <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/2009_semarnat_ecc_mex.pdf>, 81 págs.
- GLOBAL CARBON ATLAS**, *Emisiones de CO₂ por país*, Comisión Europea, 2015, <globalcarbonatlas.org/?q=en/emissions>, [s.p.].

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO, (IPCC), *Cambio Climático 2013, Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas frecuentes*, New York, OMM y PNUMA, 2013 <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf>, 34 págs.

FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE EMPRESARIOS DE CARBÓN, *Carbunión*, Madrid, [s.a.] <http://www.carbunion.com/panel/carbon/uploads/que_es_el_carbon_1.pdf>, 4 págs.

HIDROENERGÍA, *Plantas Hidroeléctricas*, CFE, México, 2009, <http://hidroenergia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=119:icuantas-plantas-hidroelectricas-tiene-mexico-en-operacion&catid=28:isabias-que&Itemid=59>, (15 de agosto de 2016), [s.p.].

INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO, *El Origen del Petróleo*, México, [s.a.], <<http://www.imp.mx/petroleo/?imp=origen>>, [s.p.].

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI), México, <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserpadre=10200170&d10200170#D10200170>>, 2012, [s.p.].

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI), México, <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/>>, 2012, [s.p.].

MADRID, Marcelo, *Origen de los Hidrocarburos*, México, Portal del Petróleo, 2011, <<http://www.portaldelpetroleo.com/2011/08/origen-de-los-hidrocarburos.html>>, [s.p.].

MAGAÑA, Víctor O., Carlos Gay García, *Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambiental, social y económicos*, Instituto Nacional de Ecología, México, [s.a.], <http://cambio_climatico.ine.gob.mx/descargas/vulnerabilidad.pdf>, 27 págs.

MARIEL LEZAMA, FRANCISCO, *Historia de la Exploración Petrolera en México*, México, PEMEX, [s.a.], <<http://www.ref.pemex.com/octanaje/23explo.htm>>, [s.p.].

MARTÍNEZ MARTÍN, María Isabel, Ángeles Cámara, Nuria Guilló, *et. al.*, *El Impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030*, Madrid, Abay Analistas Económicos y Sociales para Greenpeace, 2014, <<http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/cambio-climatico/Informe%20ER%20Economi%CC%81a.pdf>>, 94 págs.

MORALES AYMERICH, Jean Pierre, *La capacidad de carga: conceptos y usos*, Recursos Naturales y Ambiente No. 63., [s.a.], <<http://www.sidalc.net/reprodoc/A10980e/A10980e.pdf>>, 7 págs.

NACIONES UNIDAS, *Centro de Información en México, Cambio Climático*, México, [s.a.], <http://cinu.org.mx/temas/Calentamiento/folletos/Temas/folletos_e.html>, [s.p.].

- NACIONES UNIDAS**, *El Transporte Marítimo, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo*, Publicación de las Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra, 2008, 149 págs.
- NAVA**, Héctor, Félix Pezet, e Ignacio Hernandez, *El Sistema Internacional de Unidades (SI), Publicación Técnica*, Querétaro, Centro Nacional de Metrología, 2001. <<http://rmcg.geociencias.unam.mx/LGM/Unidades-CENAM.pdf>>, 144 págs.
- PIZARRO ALCALDE**, Felipe, *La Teoría de la Transición Demográfica: Recursos Didácticos*, Enseñanza de las Ciencias Sociales, Barcelona, Universidad de Barcelona, Número 9, 2010, <<http://148.215.2.11/articulo.oa?id=324127609012>> 9 págs.
- RAJENDRA**, Pachauri, (coord), *Cambio Climático 2007, Informe de Síntesis*, Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, OMM, PNUMA, Ginebra, 2007, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf>, 114 págs.
- RODRÍGUEZ RUÍZ**, Saúl, *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, y Carbón negro de la ZMVM*, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México, 2008, <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/2008ie_gei/2008ie_gei.pdf>, 383 págs.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA**, *Características del Petróleo*, México, Servicio Geológico Mexicano, 2014, <<http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/petroleo/caracteristicaspetro>>, [s.p.].
- SECRETARÍA DE ENERGÍA**, *Estrategia de Energía 2012-2026*, México, 2012, <http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf>, 179 págs.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA**, *Estructura del Sector*, México, 2015, <<http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2627>>, [s.p.].
- SECRETARÍA DE ENERGÍA**, SIE, *Estadísticas Energéticas Nacionales*, México, 2015, <<http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>>, [s.p.].
- SECRETARÍA DE ENERGÍA**, *Sistema de Información Energética, Balance Nacional de Energía: Consumo final de energía por sector*, México, 2015, <<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE7C03>>, 173 págs.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA**, *Balance Nacional de Energía*, México, 2012, <[http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/Balance%20Nacional%20de%20Energia%202012%20\(Vf\).pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/Balance%20Nacional%20de%20Energia%202012%20(Vf).pdf)>, 173 págs.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA**, *Energía Geotérmica, Energías Renovables*, Buenos Aires, [s.a.], <http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_geotermica.pdf>, 10 págs.

SECRETARÍA DE GANADERÍA, AGRICULTURA, DESARROLLO RURAL Y PESCA, Y ALIMENTACIÓN, (SAGARPA), *Conceptos Básicos*, México, [s.a.], <<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/35/10.pdf>>, 4 págs.

SOSENSKY, Paula, César Domínguez, *La importancia de la polinización para el bienestar humano*, México, Lab. Interacción Planta-Animal, Instituto de Ecología UNAM, [s.a.], <http://www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2009_sem_ser_amb_pres_09_psoSENSKI.pdf>, 19 Págs.

SPALLETTI, Luis A., *Nociones sobre las Cuencas Sedimentarias en el Mundo*, Geofísica, UNAM, México, 2006, <<http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/65bcuencasSed.pdf>>, 55 págs.

STAFF BIONERO, *Informe Galindo, La Economía del cambio climático en México es guía para AL, México*, [s.a.], <<http://www.bionero.org/cambio-climatico/informe-galindo-sobre-la-economia-del-cambio-climatico-en-mexico>>, [s.p.].

STERN, Nicholas, *La Economía del Cambio Climático, Resumen de las conclusiones*, México, [s.a.], <<http://www.ambientum.com/documentos/general/resumeninformestern.pdf>>, 5 págs.

VARGAS SANDOVAL, Marcelo, *Los Hidrocarburos y el gas natural en Bolivia*, Revista Presupuesto y Construcción, Año 23, Núm. 53, Abril-Julio 2012, <<http://revistapyc.com/Articulos/Grupo53/ART-53-E.pdf>>, 4 págs.

VERCELLI, Amilcar, *¿Qué es la Energía Eólica?*, México, Energías como bienes comunes, 2012, <<http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>>, [s.p.].



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Programa de Posgrado en Ciencias de la
Administración
Oficio: PPCA/GA/2017

Asunto: Envío oficio de nombramiento de jurado de Doctorado.

Coordinación

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Dirección General de Administración Escolar
de esta Universidad
Presente

At'n.: C.P. Agustín Mercado
Director de Certificación y Control Documental

Me permito hacer de su conocimiento, que el alumno **Juvenal Flores Sánchez**, presentará la tesis dentro del Plan de **Doctorado en Ciencias de la Administración** toda vez que ha concluido el Plan de Estudios respectivo, por lo que el Subcomité de asuntos académicos y administrativos de Doctorado, tuvo a bien designar el siguiente jurado:

Dr. Cecilio Álvarez Toledano	Presidente
Dra. María Hortensia Lacayo Ojeda	Vocal
Dr. Jorge Armando Juárez González	Secretario
Dr. Adrián Sergio Barrera Roldán	Suplente
Dra. Blanca Elena Jiménez Cisneros	Suplente

Por su atención le doy las gracias y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"Por mi raza hablará el espíritu"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 13 de septiembre de 2017
El Coordinador del Programa

J. Alfredo
J. Alfredo
Dr. José Alfredo Delgado Guzmán

Este libro se imprimió en:



IMPRESA DIGITAL Y TRADICIONAL

Medicina No. 65 Local E,
Copilco Universidad,
Ciudad de México, 04360
Tels. 5658-9904 • 5658-9807
contacto@enelacto.mx
www.enelacto.mx

