

**COMBUSTIBLES FÓSILES; ANÁLISIS, IMPACTOS Y ALTERNATIVAS,  
ESTUDIO PARA EL CASO COLOMBIANO**

**ANDRÉS FELIPE LEÓN ESTEBAN  
ELIA MILENA NÚÑEZ SUÁREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
ESCUELA DE ECONOMÍA  
BUCARAMANGA  
2010**

**COMBUSTIBLES FÓSILES; ANÁLISIS, IMPACTOS Y ALTERNATIVAS,  
ESTUDIO PARA EL CASO COLOMBIANO**

**ANDRÉS FELIPE LEÓN ESTEBAN  
ELIA MILENA NÚÑEZ SUÁREZ**

**Trabajo de grado para optar al título de  
ECONOMISTA**

**Director  
Alberto Pinto Mantilla  
(Doctor en Economía)**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
ESCUELA DE ECONOMÍA  
BUCARAMANGA  
2010**

## **DEDICATORIAS**

A Dios por guiarme siempre por el sendero correcto en los momentos de alegría y de dolor.

A mis padres Luis Demetrio y Betty Yolanda, por su esfuerzo, esmero y educación a lo largo de la vida.

A mis hermanos Julia Helena y David por su intachable ejemplo y acompañamiento.

A mis profesores, amigos y familiares, por acompañarme en el proceso pedagógico de vivir.

**ANDRÉS FELIPE LEÓN ESTEBAN**

A DIOS por estar siempre en cada paso, por llenarme de fortaleza y paz. Pero sobre todo por haber puesto en el camino todas aquellas personas que son parte de mí y ocupan un lugar especial en mi corazón.

A mi familia que aunque están en la distancia se que siempre procuraron mi bienestar, por su esfuerzo realizado para darme el estudio, por su confianza, por la buena educación y amor

A mi madre quien me ha dado la mano, ha guiado mis pasos, la que hace que no desfallezca antes los obstáculos y por ser el motivo de seguir adelante. A mi padre por sus enseñanzas, sus buenos consejos y por la disciplina inculcada. A mis hermanos por todos los momentos vividos.

Mis logros siempre serán sus logros.

A quien me acompañó por un momento largo de mi vida.

A mis profesores que aparte de sus enseñanzas, me escucharon y dieron una voz de aliento en momentos de dificultad, a mis compañeros quienes se convirtieron en mis amigos.

**ELIA MILENA NUÑEZ SUAREZ**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION .....	18
1. MARCO TEÓRICO.....	22
1.1. ECONOMIA Y ECOLOGIA.....	22
1.2. ENTROPÍA Y ECONOMÍA ECOLÓGICA.....	26
1.3. ECONOMÍA AMBIENTAL .....	29
1.3.1. Fundamentos y herramientas de la economía ambiental.....	31
1.4. ECONOMÍA ECOLOGICA Y ECONOMÍA AMBIENTAL, HACIA UNA VISIÓN UNIFICADA.....	34
1.5. CONCEPTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE .....	37
1.6. LA CRISIS ENERGÉTICA.....	42
1.7. EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	46
1.8. MARCO CONCEPTUAL .....	47
2. ENERGÍA E HIDROCARBUROS.....	50
2.1. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL .....	50
2.1.1. Intensidad Energética.....	55
2.2. GAS NATURAL.....	56
2.2.1. Consumo Mundial de Gas Natural .....	57
2.2.2. Reservas Probadas de Gas Natural.....	58
2.2.3. Precios Internacionales del Gas Natural .....	59
2.3. CARBÓN.....	60
2.3.1. Reservas Mundiales de Carbón .....	61
2.3.2. Consumo Mundial de Carbón.....	62
2.3.3. Ratio Mundial de Carbón.....	63
2.3.4. Precios Internacionales del Carbón .....	64
2.4. PETRÓLEO.....	64
2.4.1. Reservas de petróleo en el Mundo.....	65
2.4.2. Consumo Mundial de Petróleo .....	66

2.4.3.	Producción Mundial de Petróleo .....	67
2.5.	ANÁLISIS AL ENTORNO INTERNACIONAL.....	68
2.5.1.	La curva de Hubbert.....	69
2.5.2.	Geólogos del barril medio vacío .....	70
2.5.3.	Incongruencias, datos oficiales y de compañías petroleras .....	71
2.5.4.	Manipulación de las reservas Energéticas .....	72
2.5.5.	La Geopolítica Internacional.....	74
2.5.6.	El fin de la era de los combustibles fósiles.....	76
2.6.	SITUACIÓN ENERGÉTICA EN COLOMBIA.....	78
2.6.1.	Consumo de energía en Colombia.....	78
2.6.2.	Gas Natural en Colombia .....	79
2.6.3.	Carbón en Colombia .....	81
2.6.4.	CADENA DE PETRÓLEO EN COLOMBIA .....	83
2.7.	PÉRDIDA DE AUTOSUFICIENCIA PETROLERA.....	86
2.7.1.	El futuro de la autosuficiencia petrolera de Colombia .....	86
2.7.2.	Cambios estructurales.....	87
2.7.3.	Efectos Macroeconómicos de la pérdida de autosuficiencia .....	88
3.	EFFECTOS AMBIENTALES POR LA QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES .....	90
3.1.	INDICADORES PARA MEDIR EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	90
3.2.	CAMBIOS OBSERVADOS EN LOS ECOSISTEMAS.....	92
3.2.1.	El clima.....	92
3.2.2.	Cambios en las capas de hielo .....	93
3.2.3.	Cambios observados en la temperatura y en las precipitaciones .....	94
3.2.4.	Cambios observados en los ecosistemas terrestres y marinos asociados con el cambio climático .....	94
3.2.5.	Cambios observados en los ecosistemas terrestres .....	95
3.2.6.	Cambios observados en los ecosistemas marinos .....	97
3.3.	PROTOCOLOS INTERNACIONALES .....	97
3.3.1.	Acuerdo de Rio de Janeiro.....	98

3.3.2.	Protocolo de Kioto .....	99
3.3.3.	Acuerdo de Copenhague .....	100
3.4.	ENFERMEDADES ASOCIADAS A LA POLUCIÓN ATMOSFÉRICA	100
3.5.	CASO COLOMBIANO .....	103
3.5.1.	Emisiones de dióxido de carbono en Colombia .....	103
3.5.2.	Desarrollo e impacto ambiental en Colombia.....	104
3.5.3.	Legislación ambiental en Colombia.....	105
4.	ENERGIAS RENOVABLES, ALTERNATIVA HACIA EL FUTURO ....	108
4.1.	ALTERNATIVAS A LOS COMBUSTIBLES FOSILES .....	109
4.1.1.	Tipos de energía renovable.....	111
4.2.	CONSUMO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN PAISES INDUSTRIALIZADOS Y EN VIA DE DESARROLLO. ....	112
4.3.	ENERGÍA SOLAR .....	115
4.3.1.	Energía solar térmica .....	116
4.3.2.	Energía solar fotovoltaica.....	117
4.4.	IMPORTANCIA DE UN CAMBIO ENERGÉTICO MUNDIAL .....	118
4.4.1.	La energía y la pobreza.....	120
4.4.2.	La energía y los sistemas ecológicos.....	121
4.5.	FACTORES QUE INCENTIVAN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS RENOVABLES.....	122
4.6.	ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA.....	123
4.6.1.	ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA .....	126
	CONCLUSIONES .....	130
	BIBLIOGRAFÍA.....	134
	ANEXOS .....	138

## LISTA DE TABLAS

**Pág.**

Tabla 1. Conflictos propiciados por intereses energéticos (Petróleo). .....	75
Tabla 2. Repercusión en Algunas Especies, a Consecuencia del Cambio Climático .....	96
Tabla 3 .Tipos de energías renovables, aplicaciones, usos.....	111
Tabla 4. Consumo de hidroelectricidad y energías renovables en países desarrollados y en vía de desarrollo + EE/ex URSS. En trillones de Btu.....	112
Tabla 5. Consumo de Hidroelectricidad y Energías Renovables en el Continente Americano.....	114

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. La Economía Neoclásica .....	24
Figura 2. La Economía Ecológica .....	25

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Consumo Mundial de Energía Primaria por Regiones (2000-2008)..	52
Gráfica 2. Consumo Mundial de Energía Primaria Según su Tipo de Fuente (2001-2008)	53
Gráfica 3. Intensidad Energética, Regiones Representativas en el Mundo.	55
Gráfica 4. Consumo Mundial de Gas Natural.	57
Gráfica 5. Reservas Probadas de Gas Natural en el Mundo.	58
Gráfica 6. Precios Internacionales del Gas Natural.	59
Gráfica 7. Reservas Mundiales probadas de Carbón.	61
Gráfica 8. Consumo Mundial de Carbón (Anthracite and bituminous, Sub-bituminous and Lignite)	62
Gráfica 9. Ratio Mundial de Carbón, Reservas/Producción (2002-2008).	63
Gráfica 10. Precios Mundiales del Carbón.	64
Gráfica 11. Reservas Petrolíferas Mundiales.	65
Gráfica 12. Consumo Mundial de Petróleo (por día)	66
Gráfica 13. Participación en la Producción Mundial de Petróleo (1965-2008)	67
Gráfica 14. Proyección de la Producción Mundial de Petróleo, Hubbert 1971.	70
Gráfica 15. Reservas de Petróleo EIA vs BP	71
Gráfica 16. Consumo de Energía Primaria en Colombia por tipo de Combustible (2001-2008).	78
Gráfica 17. Reservas de Gas Natural en Colombia.	79
Gráfica 18. Consumo de Gas Natural en Colombia, (1991-2008)	80
Gráfica 19. Reservas probadas de Carbón en Colombia	81
Gráfica 20. Consumo de Carbón en Colombia	82
Gráfica 21. Reservas de Petróleo en Colombia	83
Gráfica 22. Precio Promedio Anual Barril de Petróleo, referencia Caño Limón (Colombia)	84
Gráfica 23. Consumo y Producción de Petróleo en Colombia por Día.	85

Gráfica 24. Emisiones mundiales de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y países que más aportan.	92
Gráfica 25. Emisiones de dióxido de carbono en Colombia	103
Gráfica 26. Consumo de Energías Renovables por Regiones	113

## LISTA DE ANEXOS

**Pág.**

ANEXO A. TABLAS, COMBUSTIBLES FOSILES Y ENERGIAS RENOVABLES .....	138
ANEXO B. "DOWN STREAM" DEL PETROLEO EN COLOMBIA .....	142
ANEXO C. BALANZA COMERCIAL .....	145

## RESUMEN

**TITULO: COMBUSTIBLES FÓSILES; ANÁLISIS, IMPACTOS Y ALTERNATIVAS, ESTUDIO PARA EL CASO COLOMBIANO\***

**AUTORES: LEÓN ESTEBAN, Andrés y NUÑEZ SUAREZ, Elia.\*\***

**PALABRAS CLAVES:** Combustibles Fósiles, Análisis Económico, Energías Alternativas, Entropía, Termodinámica, Energía Eólica, Cambio Climático.

Los hidrocarburos han sido fundamentales para el desarrollo del mundo industrializado en el que hoy vivimos, se habla especialmente del gas, el carbón y el petróleo, de ellos depende principalmente el equilibrio del comercio entre los diferentes países.

Su importancia radica en que son una fuente indispensable de energía y producción eléctrica, además de ser la base de todo tipo de materias primas, materiales plásticos y medicinas entre otros. Por lo tanto la participación que representan en la economía mundial es absoluta.

Cada uno de ellos cumple un papel particular en la sociedad, pero debido a su extracción y utilización excesiva, se genera un desgaste, que se verá reflejado en el agotamiento de estos recursos energéticos y que desde ya está conllevando a una serie de problemas de carácter económico, ecológico y ambiental.

Lo que se pretende con la presente investigación, es realizar un análisis actual y futuro sobre los hidrocarburos a nivel mundial y hacer un énfasis en el caso de Colombia. Además de esto, la investigación busca plantear y tratar las diversas formas de energía alternativas o energías verdes, haciendo una descripción de los beneficios que genera la energía solar y todas sus variantes.

---

\* Tesis de Grado

\*\* Estudiantes de decimo semestre de economía. Universidad Industrial de Santander.

## SUMMARY

**TITLE:** FOSSIL FUELS; ANALYSIS, IMPACTS AND ALTERNATIVES, STUDY FOR THE COLOMBIAN CASE\*

**AUTHORS:** LEON ESTEBAN, Andrés and NUÑEZ SUAREZ, Elia. \*\*

**KEY WORDS:** Fossil Fuels, Economic Analysis, Alternative Energies, Entropy, Thermodynamic, Wind power, Climate change.

**DESCRIPTION:**

Hydrocarbons have been fundamental for the development of the industrialized world nowadays, we can hear especially about gas, coal and oil, depends mainly on them the balance of the trade among the different countries.

They are important because they are an indispensable source of energy and electrical production, besides being the base of all kinds of raw materials, plastic materials and medicines among others. Therefore, the participation that they represent in the world economy is absolute.

Each of them fulfills a particular role in society, but due to its extraction and excessive utilization, is generated a wear, which will be reflected in the depletion of these energetic resources and which is already carrying to a series of problems about economic, ecological and environmental character. What is claimed by the present research is to make a current and future analysis on the hydrocarbons worldwide and to make an emphasis in the case of Colombia. Besides this, the research seeks to raise and to treat the diverse forms of energy alternatives or green energies, doing a description of the benefits that generates the solar power and all its variants.

---

\* Thesis Grade

\*\* Students of tenth semester of economy. . Industrial University of Santander

## INTRODUCCION

A la tierra le ha tomado millones de años producir diferentes fuentes de energía; algunas de estas contienen combinaciones de carbono e hidrogeno (Hidrocarburos), que están representados en la naturaleza por medio de gases, líquidos y sólidos. Los hidrocarburos (Petróleo, Gas y Carbón) son la principal fuente de generación energética y la piedra angular de la economía mundial.

Los combustibles fósiles se originaron aproximadamente entre 150 y 80 millones de años. Existen varias teorías sobre su conformación y estas se encuentran divididas en dos grandes grupos: algunos piensan que se originaron a partir de materia inorgánica a altas temperaturas y otros sostienen que fue por materia orgánica a bajas temperaturas.

Una de las hipótesis dice que sus orígenes fueron los grandes bosques de árboles prehistóricos, pero no se tiene certeza con exactitud del proceso de conversión de materia orgánica en hidrocarburos. Por otra parte, se piensa que su formación está asociada al desarrollo de rocas sedimentarias, las cuales quedaron incorporadas en depósitos marinos, produciéndose una descomposición anaeróbica a gran presión.

Los hidrocarburos representan una importancia significativa en la economía mundial. Un porcentaje considerable de los ingresos de la canasta familiar se destina diariamente al consumo de combustibles, con el fin de satisfacer necesidades básicas, como alimentación, vestuario y productos para el hogar. El transporte es otro componente que se ve afectado en gran medida por las tarifas de los combustibles y esto repercute en el precio de los demás bienes y servicios. El primer combustible utilizado por el hombre fue el carbón. Es considerado como una fuente de energía bastante concentrada, ya que con pocos volúmenes se obtiene una cantidad importante de energía. Se extrae a partir de materiales

orgánicos que se encuentran en la corteza terrestre y se da por medio de una transformación gradual a altas temperaturas.

Es uno de los combustibles más abundantes y de una amplia distribución geográfica. Algunos cálculos demuestran su rápido incremento en el consumo, debido a que los países en desarrollo están buscando una fuente de energía más barata y lo ven como una salida para el crecimiento económico, además de generar aproximadamente el 30% de energía a nivel mundial<sup>1</sup>.

El gas natural es también un recurso energético de origen fósil, que puede encontrarse tanto en los suelos marinos como continentales. El gas ocupa el tercer lugar entre las fuentes de energía primarias y el quinto en el consumo a nivel mundial. Sus amplios beneficios energéticos y económicos son puntos claves en el desarrollo y utilización del mismo. Sus aplicaciones van desde la obtención de energía para uso industrial, para uso doméstico y transporte.

El gas natural no necesita un proceso de refinación para ser utilizado, sin embargo, para poder transportarlo y comercializarlo es necesario convertirlo a estado líquido. Se dice que sus reservas igualan a las del petróleo, constituyéndose como uno de los recursos energéticos más competitivos vía precios.

El petróleo es el hidrocarburo que más ha generado una fuerte dependencia entre las naciones. Con el auge del oro negro nacieron las grandes potencias y paralelamente la población mundial comenzó a crecer. Se observaron los primeros cambios en la industria química y automotriz, mediante el uso de innovadoras tecnologías.

---

<sup>1</sup> LEÓN, Elard; La importancia del carbón mineral en el desarrollo. Instituto de investigaciones FIGMMG.

Se dice que la humanidad ha consumido cerca de la mitad de la cantidad inicial en tan solo cien años.

Es tan importante la influencia del petróleo que las decisiones estratégicas que sobre él se toman, influye en casi todos los niveles de producción. Cuando sube el precio del petróleo se produce inmediatamente una subida de los costos y esto se ve reflejado en el aumento de los precios de bienes y servicios.

La situación actual del precio del petróleo y su volatilidad, es consecuencia de diversos factores. La especulación y la inestabilidad geopolítica han generado en gran parte la variabilidad de los precios. El aumento de la demanda y el crecimiento poblacional también han influido significativamente, jalando los precios de los hidrocarburos a la alza.

La explicación del agotamiento es fácil de descifrar. El petróleo es un recurso finito y su consumo está superando los niveles de extracción. De igual forma las reservas probadas están disminuyendo drásticamente, lo que evidencia una futura crisis de abastecimiento. Los países exportadores están próximos, a llegar al límite máximo que puede generar la naturaleza; esto influye de manera considerable en el aumento del precio, conllevando a una crisis económica mundial.

En palabras de Collin Campbell<sup>2</sup> la escasez del petróleo no conlleva necesariamente a un aumento de la producción, paradójicamente el incentivo que tienen los gobiernos será reservarlo para el futuro al mismo tiempo que obtendrán grandes beneficios. A raíz de estas circunstancias se dará el fin de la abundancia y de los depósitos más importantes en el mercado petrolero. Desde ahora el mundo entero tendrá, que adaptarse a las nuevas condiciones de vida.

---

<sup>2</sup> Geólogo ex vicepresidente de varias compañías petroleras como BP, Shell, Fina, Exxon y Chevron Texaco.

El agotamiento del crudo, está generando un colapso. Según expertos la producción de petróleo, está llegando a su cenit (punto de producción máxima) y en menos de 5 años se estarán dando los primeros resultados. Los optimistas hablan de 10 años más. La fecha puntual no es lo trascendente, lo que hay que destacar es el aumento del precio y los conflictos que se generaran por el mismo. El impacto que dan los combustibles fósiles al medio ambiente es para tener en cuenta. Las energías renovables se presentan como una alternativa para la reducción de los contaminantes que hoy acechan al planeta, además de estar al alcance de cualquier geografía.

El uso de los combustibles fósiles ha dañado el planeta dejando consecuencias como el cambio climático: lluvia acida, contaminación acuífera, contaminación del aire, enfermedades, inundaciones y desgaste de los polos. En general la mayoría de los problemas ambientales y ecológicos que hoy se reflejan en el ecosistema. Es importante replantear las políticas ambientales y ecológicas, para que contribuyan en la toma de decisiones, en pro de mejorar la problemática de contaminación en el planeta. Además, es necesario aumentar los esfuerzos para implementar diferentes fuentes de energías alternativas, subrayando sus beneficios ecológicos, ante la inminente crisis energética que se avecina.

A la luz de los principios termodinámicos se hace necesaria la búsqueda de un flujo constante de energía, que satisfaga las necesidades básicas de la humanidad, generando a su vez un equilibrio natural con el ecosistema. De acuerdo con lo anterior, la energía solar y sus variantes emergen como una posible alternativa para forjar un cambio en el paradigma energético mundial.

## 1. MARCO TEÓRICO

*“Toda carne es hierba”, dijo el profeta Isaías. Ésta es, quizás, la aseveración más concisa que se ha formulado en torno a las restricciones Ecológicas en la vida Humana.*

HERMAN E. DALY<sup>3</sup>

### 1.1. ECONOMIA Y ECOLOGIA

El origen de la palabra economía se deriva del griego “oikos”, que significa casa y “nemó” que significa administrador. Por su parte, la palabra ecología deriva de dos términos griegos, “oikos”, y “logos”, éste último significa ciencia. Así pues el termino economía determina en su principio más abstracto, la organización del hogar o territorio. Mientras el termino ecología, el estudio científico de nuestra casa, o de nuestro planeta.

Sin embargo, a pesar de los puntos de encuentro etimológicos entre la economía y la ecología, estas dos ramas de estudio siguen caminos muy diferentes. Aristóteles en su libro política, fue el primero en escribir sobre dicha separación. Allí el autor diferenciaba entre economía y crematística, siendo ésta ultima el estudio de la formación de los precios en el mercado.

En palabras de Aristóteles:

**La diferencia entre economía y crematística es exactamente la que trazamos ahora entre ecología humana y economía; entre el estudio del uso de la energía y materiales en ecosistemas**

---

<sup>3</sup> DALY E, Herman. “Introduccion”. En: Economía, ecología, ética. México: Fondo de Cultura Económica, 1989 p 47.

**donde viven hombres y mujeres, y el estudio de las transacciones del mercado<sup>4</sup>.**

La ecología critica a la economía “crematística” en dos aspectos fundamentales. La primera diferencia, radica en el apetito voraz y desaforado del sistema económico en consumir recursos energéticos y materiales agotables. El segundo, es la capacidad destructiva que generan los primeros, en el medio ambiente y los ecosistemas.

Sin embargo, a pesar de las fuertes críticas por parte de la ecología a la economía crematística, surge la idea de integrar estas dos corrientes en una visión integral, que compatibilice las necesidades de un sistema económico, sin perder los principios básicos que rigen la naturaleza.

La crítica ecológica de la ciencia económica empezó hace más de cien años. La “economía ecológica” esta hoy representada por Georgescu-Roegen y por un numero pequeño pero creciente de autores<sup>5</sup>. La esencia de la economía ecológica es explicar el uso de la energía y los materiales en el ecosistema humano.

La distinción entre el uso endosomático y exosomático de energía en los humanos, es crucial para la explicación del aprovechamiento de los recursos energéticos por parte de la economía ecológica. El consumo endosomático es aquel que necesita toda persona para sobrevivir, es la cantidad de energía necesaria para que el cuerpo humano funcione. El punto de inflexión radica, en el consumo exosomático de energía. La utilización de grandes cantidades de acervos energéticos que satisfagan “caprichos” particulares, hace parte

---

<sup>4</sup> MARTINEZ, Alier y SCHLUPMANN, Klaus. La ecología y la economía; Fondo de cultura económica, p 11.

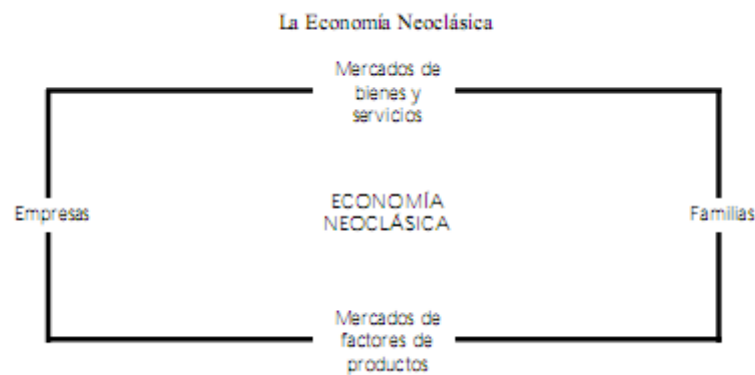
<sup>5</sup> MARTINEZ, Alier. De la economía ecológica al ecologismo popular; Icaria editorial S.A. p 40.

fundamental de la crítica de la economía ecológica al sistema económico tradicional.

La economía ecológica estudia las condiciones de distribución de patrimonios e ingresos, para que la economía pueda encajar en los ecosistemas. Además, estudia la valoración de los servicios prestados por el ecosistema al subsistema económico.

Veamos a continuación la diferencia conceptual, entre la economía neoclásica y la economía ecológica. Dos visiones de la economía<sup>6</sup>:

Figura 1. La Economía Neoclásica

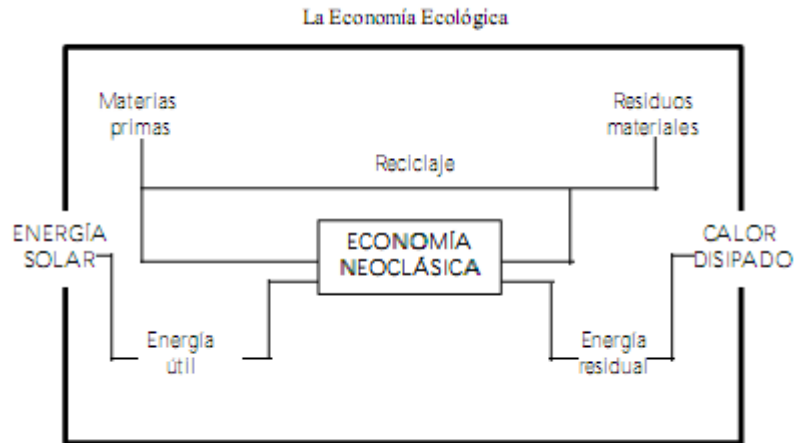


La economía neoclásica analiza los precios del mercado, pues es una "crematística". Dicha economía concibe el sistema económico como un conjunto cerrado, que funciona como un movimiento perpetuo lubricado por el dinero. Las empresas venden (bienes y/o servicios) y con esto remuneran los factores de producción<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Los siguientes gráficos, son tomados del texto de Joan Martínez Alier, "Curso de economía ecológica", p 12.

<sup>7</sup> Ibíd. P 42.

**Figura 2. La Economía Ecológica**



La economía ecológica, concibe de una forma diferente el sistema económico. Ésta realiza un esfuerzo por incluir los flujos de energía. En este sistema, existen dos tipos de residuos, los materiales los cuales en un porcentaje pueden ser reciclados y los energéticos que posteriormente se convierten en calor disipado. Para el funcionamiento de dicha economía es necesaria la intervención de un flujo energético constante. En conclusión, la economía ecológica ve el entorno como un sistema abierto a la entrada de energía solar.

Otra de las críticas que realiza la economía ecológica, es la contaminación y el deterioro que sufren los ecosistemas, que en la mayoría de los casos se mantienen de generación en "degeneración"<sup>8</sup>. La economía ecológica cuestiona si los precios asignados al petróleo son los óptimos, considerando la conservación para las generaciones futuras. También se pregunta si los costos por contaminación y daños en el ecosistema no son demasiado bajos. Así pues, la economía tradicional falla, cuando los efectos exteriores al mercado perduran en el tiempo: las generaciones futuras no tienen participación en la asignación intergeneracional de recursos.

<sup>8</sup> Opinión particular de los autores, "Dichos populares".

En palabras de Martínez Alier:

**A simple vista parece que los efectos de la contaminación caen sobre nosotros mismos, mientras que las exacciones de recursos agotables del medio ambiente serán un problema para nuestros descendientes y no para nosotros<sup>9</sup>.**

La crítica ecológica puede resumirse en una palabra: la *inconmensurabilidad* de los elementos que componen la economía, inclusive en el campo de la macroeconomía y el cálculo del producto total.

## 1.2. ENTROPÍA Y ECONOMÍA ECOLÓGICA

Muchos de los procesos artificiales o naturales, implican transformar la energía de una forma a otra.<sup>10</sup> La termodinámica es una de las teorías más fuertes en la física, ésta determina y define los parámetros generales del comportamiento energético. Dicha teoría está compuesta por dos leyes que se analizarán a continuación.

La primera de ellas, también conocida como la ley de la conservación de la energía, afirma que esta no se puede crear ni destruir. La segunda ley dice que en todo proceso físico, natural o tecnológico, ocurre que la disponibilidad de la energía implicada decrece. Para un mayor entendimiento de las leyes mencionadas, es necesario definir algunos conceptos que están implícitamente ligados con estas leyes.

Con respecto a la primera ley, la energía no puede ser destruida, lo que nos llevaría a pensar que contamos con una cantidad infinita de la misma. Pero lo que parece ignorarse por parte de muchos teóricos, es la distribución energética final

---

<sup>9</sup> MARTINEZ, Alier y SCHLUPMANN, Klaus. La ecología y la economía; Fondo de cultura económica, p 12.

<sup>10</sup> EHRLICH, Paul y Anne. Disponibilidad entropía y las leyes de la termodinámica.

que ocurre en el proceso de quema de combustibles fósiles. Vale la pena recordar que una parte se convierte en trabajo aplicado o disponibilidad (motores, turbinas, generadores, etc.) y otra se disipa en el ambiente ya sea en forma de calor, partículas o gases que fluyen hacia el espacio exterior o en el peor de los casos, quedan atrapadas en la estratosfera.

Con esto claro, se puede definir entonces la *disponibilidad* de la energía como el grado de convertibilidad de la misma. Por ejemplo: un galón de gasolina posee un alto grado de convertibilidad o de trabajo almacenado, el cual se puede convertir en trabajo aplicado; por otro lado, los rayos infrarrojos que emanan de la superficie terrestre producto del flujo solar que interactúa con el planeta, se desplazan hacia los confines del universo impidiendo que sean utilizados.

Según Herman Daly, uno de los mayores problemas de los teóricos del crecimiento, es su falta de apreciación de la segunda ley de la termodinámica y sus múltiples implicaciones en el cambio climático y los ecosistemas. Dicha ley afirma, (utilizando el ejemplo de los hidrocarburos) que para el caso de los combustibles, cuando estos se queman, su trabajo útil disminuye y en si no se consume la energía misma sino su disponibilidad de realizar un trabajo.

La pérdida de disponibilidad de un acervo energético, es lo que se conoce en la ciencia física como una transformación de baja a alta entropía. El término entropía, se utilizó por primera vez en 1948, y se definió como “una medida de la energía inasequible de un sistema termodinámico”, pero la definición coloquialmente más utilizada es la entropía como la medida del desorden.

Una baja entropía indica un bajo desorden de la composición termodinámica de una sustancia u objeto, como por ejemplo los combustibles fósiles, cuya disponibilidad energética es alta. Por el contrario una alta entropía se ve representada en la radiación que emite la tierra producto de la luz solar o los

residuos que salen por el escape de un auto, ya que este tipo de energía tiene una baja disponibilidad. En conclusión la entropía y la disponibilidad son inversamente proporcionales.

Es por esto que el hombre no puede utilizar todas las formas de energía existentes. La energía que el hombre puede aprovechar procede de dos fuentes distintas, la primera es un acervo (combustibles fósiles) y la segunda es un flujo compuesto de las radiaciones solares interceptadas por la tierra. El hombre domina casi a su plenitud los acervos terrestres, pero no tiene el control sobre la radiación solar<sup>11</sup>.

Los daños colaterales que se derivan de la quema de combustibles son cada día más evidentes. Es por esto que se hace necesario un cambio en el consumo y la obtención de la energía que necesitamos para suplir nuestras necesidades. Existe un grupo de teóricos y economistas, que impulsan nuevas ideas para el futuro abastecimiento energético, conservando el equilibrio ecológico y profesando mayor equidad en la economía mundial.

Para Martínez Alier, la parte de la ciencia económica que tiene un interés especial, es la teoría económica de los recursos agotables, y la parte de la ecología humana que más interesa, es el estudio del flujo de energía<sup>12</sup>.

Es importante tener en cuenta que la radiación solar, constituye la fuente primaria de la vida, que comenzó con la fotosíntesis de la clorofila. Si hipotéticamente se reunieran el total de los acervos terrestres, alcanzaría para proveer unos pocos días de la energía que nos proporciona el sol.

---

<sup>11</sup> GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas: En: Ecología: medios últimos y limitaciones biofísicas; ley de la entropía y el problema económico, p69.

<sup>12</sup> MARTINEZ, Alier y SCHLUPMANN, Klaus. La ecología y la economía; Fondo de cultura económica, p 15.

Es por esto que las leyes de la termodinámica, explican la necesidad de un insumo continuo de energía para mantenernos (flujo solar), ya que es obvio que para aumentar en un kilo de peso, se debe comer más de un kilo de alimento<sup>13</sup>. El anterior ejemplo es la explicación sencilla del principio básico de la segunda ley de la termodinámica.

Los recursos renovables constituyen un medio de explotación de la otra fuente de baja entropía: el flujo relativamente permanente de energía solar puede ser una fuente casi permanente de baja entropía útil. Pero los recursos renovables se pueden convertir fácilmente en no renovables si se los sobreexplota.<sup>14</sup>

Georgescu-Roegen decía, que se debe tener una visión muy errónea del proceso económico para no percatarse que los recursos que poseemos son finitos. Además rechaza la idea de que la humanidad podría lograr mediante la tecnología, suplir procesos que solo la misma naturaleza puede cumplir. “pensaba que esto era ignorar de plano la diferencia entre el mundo real y el jardín del edén”.

### **1.3. ECONOMÍA AMBIENTAL**

Desde un enfoque Neoclásico, cuando se habla de contaminación y agotamiento de los recursos, se derivan directamente los conceptos de externalidad y propiedad colectiva. Para la economía ambiental, las externalidades pueden ser fácilmente internalizadas, si los recursos naturales se basan y cuantifican en una escala de precios; de esta forma se evitan los problemas de legislar al respecto.

La internalización de las externalidades se convierte en la herramienta preferida por los economistas neoclásicos, logrando solucionar crematísticamente los

---

<sup>13</sup> EHRlich, Paul, EHRlich, Anne. Disponibilidad, entropía y las leyes de la termodinámica. En: Ecología, medios últimos y limitaciones biofísicas, p 59.

<sup>14</sup> E.DALY. Herman; Ecología: medios últimos y limitaciones biofísicas, introducción, p. 49.

problemas ambientales generados por la sociedad y el sistema. No obstante algunos economistas difieren de las bondades de la internalización de las externalidades, ellos resaltan la complejidad que puede derivar de la aplicación de esta regla en los derechos de propiedad colectiva.<sup>15</sup>

Según Martínez Alier, la palabra “externalidad” describe el traslado de los costes sociales inciertos a otros grupos sociales (ya sean “extranjeros” o no) o a las generaciones futuras<sup>16</sup>.

Para citar algunos ejemplos, traemos a colación los casos de contaminación acuífera y ambiental. Los supuestos básicos para internalizar externalidades, los cuales se basan en derechos muy bien definidos y ciudadanos precio aceptantes, no colman las expectativas necesarias para enfrentar los casos de bienes libres y públicos. Es por esto que dentro de la economía ecológica, existe un vacío con respecto a esta herramienta, considerándola arbitraria e incapaz de servir para realizar políticas ambientales racionales.

En el terreno económico, *la riqueza de las naciones* popularizo la mano invisible, para promover el interés público; de alguna u otra forma esto contribuyo a suponer que las tendencias predominantes son de hecho, las mejores para la sociedad en su conjunto. Definitivamente el punto de inflexión entre la economía ambiental y la economía ecológica, centra su debate en la jerarquización preponderante de las preferencias individuales, sobre verdaderos criterios de evaluación de políticas sociales.

Un caso en el que la internalización falla, puede observarse en la generación de energía por combustibles fósiles. Se ha comprobado que en gran parte, las emisiones provenientes de la quema de combustibles –la quema de carbón es uno

---

<sup>15</sup> PETER A. Víctor; la economía y el desafío de los problemas ambientales.

<sup>16</sup> MARTINEZ, Alier. De la economía ecológica al ecologismo popular; Icaria editorial S.A. p 82.

de los principales problemas-, han aumentado considerablemente el índice de partículas con características tóxicas en el aire, contribuyendo esto a la propagación de enfermedades respiratorias que disminuyen la calidad de vida de los habitantes de una región.

A pesar de las múltiples falencias de la economía ambiental, y del reducido campo de acción que posee; la economía ecológica no se considera reacia, que en un plano práctico, se utilicen impuestos a las energías no renovables o de los mercados de licencias de contaminación, como instrumentos que lleven a reducir los impactos negativos de la economía sobre la ecología<sup>17</sup>.

### **1.3.1. Fundamentos y herramientas de la economía ambiental**

El análisis fundamental de la economía ambiental consiste en dos temas claros. El primero es como asignar valores monetarios a efectos externos. Para ese caso utiliza diversas herramientas de valoración, como el método coste viaje, la valoración de contingencias u otras técnicas creativas, que en el trasfondo del asunto son poco satisfactorias. El segundo tema consiste en el análisis político de la obtención del óptimo social, que permita igualar la ganancia marginal privada con los costos externos marginales.

En palabras de Martínez Alier:

**La economía ambiental y de los recursos naturales parten del supuesto de que toda externalidad, toda aportación de un recurso o servicio ambiental no incluido en el mercado, puede sin embargo recibir una valoración monetaria convincente<sup>18</sup>.**

---

<sup>17</sup> Ibíd. p 57.

<sup>18</sup> MARTINEZ, Alier. De la economía ecológica al ecologismo popular; Icaria editorial S.A. p 56.

### **1.3.1.1. Las externalidades y bienes ambientales**

Las externalidades, son aquellos efectos positivos o negativos (es muy común asociar las externalidades solo con efectos negativos), que recibe un agente económico (ya sea consumidor o empresa) como consecuencia del acto de producción o consumo de un segundo agente económico<sup>19</sup>. Estos efectos se miden en unidades monetarias. Las externalidades son subjetivas y corresponden a la percepción que se tengan del impacto causado.

Las externalidades serían así, costos privados pasados a la sociedad que indican una falta de adecuación con los sociales, por lo cual es necesario internalizar estos costos individuales que quedaron por fuera del mercado. Dada la definición anterior, pueden existir cuatro tipos de externalidades: productor-consumidor, productor-productor, consumidor-productor y consumidor-consumidor.

### **1.3.1.2. El teorema de Coase**

No es el propio Ronald Coase quien establece la expresión de “teorema” a sus aportes a la economía ecológica y ambiental, es George Stigler quien esgrime dicho término. Los argumentos principales del teorema de Coase hacen referencias que ante cualquier aparición de externalidades, existe un punto óptimo de negociación entre los implicados (Emisor-Receptor) que permite resarcir de alguna forma las consecuencias emanadas por el Emisor. No obstante para que esto se dé, es necesario que los derechos de propiedad de ambas partes estén bien identificados, que el sistema de precios funcione sin costes y que no existan efectos renta.

---

<sup>19</sup> Véase definición en: <http://www.eumed.net/cursecon/colaboraciones/Miro-Coase.htm>

Una de las formas más claras para lograr el entendimiento del teorema de Coase es ilustrarlo con un ejemplo<sup>20</sup>.

### **1.3.1.3. El análisis costo-beneficio**

El análisis costo beneficio es un ejercicio en donde interviene el cálculo matemático y la interpretación de algunos actores sobre el peso monetario del valor de las preferencias sociales y ambientales.

Para Martínez Alier, este análisis consigue de forma tenue, incorporar el valor intrínseco de la naturaleza y las preferencias de las generaciones futuras. El problema para él consiste en que no se consigue darles el peso apropiado.

El análisis costo beneficio se consolida como uno de los instrumentos preferidos de política pública. Allí el analista realiza un proceso de encuentro entre los actores comprometidos y cuantifica la retribución monetaria que debe recibir el ente afectado, por las externalidades negativas. Además, el análisis costo beneficio se utiliza también, para tasar el margen de compensación que está dispuesta a aceptar aquella persona, por alguna pérdida o limitación en sus actividades.

Una crítica que realizan los economistas ecológicos al costo beneficio es la distinta valoración que suele dársele a los costos a lo largo del tiempo. Por ejemplo los costos futuros son valorados muy por debajo de los costos actuales, lo que conlleva a un mal cálculo desvalorando la necesidad de las próximas generaciones.

---

<sup>20</sup> Ver anexo: 1. El ejemplo fue tomado del libro de Joan Martínez Alier, “Curso de economía ecológica”, p 29.

#### **1.3.1.4. La regla de Gray Hotelling**

Esta regla intenta dar unos parámetros acerca de la explotación de los recursos agotables. La disyuntiva de esta regla se encuentra en la comparación entre la explotación presente del recurso y sus respectivos beneficios económicos futuros, o a la conservación de dicho recurso en el ambiente, con la expectativa que en el mañana el ingreso neto (ingreso por venta del producto – costos de producción) sea superior.

Cabe resaltar que esta regla no supera todas las expectativas de los economistas ecológicos, ya que ellos la califican más bien como un modelo económico que ayuda a designar la explotación presente o futura de un recurso. Para ejemplificar más esta teoría, a continuación se presentara un ejemplo acerca de la extracción y venta de petróleo, que utiliza Martínez Alier en su libro, curso de economía ecológica.<sup>21</sup>

El petróleo es un claro ejemplo de un recurso agotable, cuyas existencias físicas se quemaran a un ritmo mayor que la capacidad de la tierra en generar geológicamente este hidrocarburo<sup>22</sup>.

### **1.4. ECONOMÍA ECOLÓGICA Y ECONOMÍA AMBIENTAL, HACIA UNA VISIÓN UNIFICADA**

Dentro de las preocupaciones globales que giran en torno a garantizar la armonía de los seres humanos y el ecosistema, se crea a finales de los años ochentas una propuesta plasmada en el informe Brundtland, denominada Desarrollo Sostenible.

---

<sup>21</sup> Tomado de J. Martínez Alier y K. Schluepmann, La ecología y la economía, FCE, México, 1991.

<sup>22</sup> Ver anexo: 2. El ejemplo fue tomado del libro de Joan Martínez Alier y adaptado por los autores, “Curso de economía ecológica”, p 29.

Esta iniciativa nace con el propósito de buscar un balance entre las necesidades de la sociedad en su conjunto y la capacidad generadora de la tierra de proveer recursos constantes para las comunidades presentes y futuras.

La economía ambiental definida por Barry Field, es la aplicación de los principios económicos al estudio de la gestión de los recursos ambientales. En otras palabras, es la rama de la economía que se encarga del estudio de las decisiones de los individuos y sus repercusiones en el ecosistema. Al mismo tiempo la economía ecológica es una conformación de muchas disciplinas, entre las cuales se encuentran la ecología y la economía, lo que hace a la economía ecológica una rama de estudio transdisciplinaria, que no se limita a ninguna corriente.

En este orden de ideas, es difícil percibir puntos de encuentros entre estas dos ramas. Por un lado la economía ambiental busca la armonía entre el sistema económico y los ecosistemas, garantizando el usufructo de los recursos a lo largo de generaciones, mientras la economía ecológica desde su perspectiva independiente, busca el abandono de prácticas que atenten contra la integridad de la tierra y realiza una fuerte crítica al sistema económico actual.

Pero ambas ramas comparten un mismo problema de estudio y necesitan de algún modo los principios económicos para entenderlo. Se ha identificado además, que entre las dos, existe un punto de referencia con el cual pretenden encontrar alguna solución.

El desarrollo sostenible cuyo ideal consiste en proveer los recursos necesarios en el presente sin comprometer el abastecimiento de los mismos a las generaciones futuras, se proyecta entonces, como el punto de encuentro entre la economía ambiental y la economía ecológica.

El crecimiento económico se define como un aumento en cantidad<sup>23</sup>. Allí interviene como uno de sus factores el capital natural, es por esto que es imposible que pueda mantenerse en un entorno finito como el nuestro. Sin embargo, el desarrollo económico no necesariamente determina un aumento en las cantidades producidas, sino un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes.

Ordenando las ideas se tiene: que el crecimiento económico no determina directamente un desarrollo económico. Un crecimiento sostenible es utópico en un mundo finito. Y la verdadera sostenibilidad se logra garantizando la presencia de capital natural a lo largo de las generaciones.

Pero la sustentabilidad genera un debate entre la economía ambiental y la economía ecológica. Para la primera, la sustentabilidad se logra con una buena asignación de los recursos. Para la economía ecológica el problema de sustentabilidad radica en la escala de explotación de recursos sin ninguna consideración con el ecosistema global.

Para la economía ambiental este problema se agudiza principalmente por la asimetría de la información en la economía, lo cual afecta la internalización de las externalidades negativas por parte del sistema económico. Para la economía ecológica es un problema de explosión demográfica acompañado de una visión crematística de la población.

Aunque estas percepciones del problema de la sustentabilidad aparentemente son difíciles de superar y las dos ramas parece que se alejaron cada vez más, los principios básicos del desarrollo sostenible surgen de nuevo como una oportunidad de encontrar puntos en común.

---

<sup>23</sup> CHAVARRO, Andrés y QUINTERO, Juan; Economía ambiental y economía ecológica, hacia una visión unificada de la sostenibilidad. Revista: Ideas Ambientales, Edición N° 2.

Ahora bien, para buscar la anhelada sostenibilidad, los gobiernos deberían fijar compromisos y metas que contribuyan a armonizar el sistema económico con el ecosistema global.

Jorge Riechmann y Herman Daly, proponen que los gobiernos deberían enfocar sus principios en orientar la capacidad de renovación de los recursos naturales, así como la asimilación de residuos y emisiones, ya sea por medio de controles fiscales y políticos, o con el desarrollo de tecnologías que minimicen las externalidades negativas.

Últimamente se ha abierto el debate acerca de las herramientas fiscales (impuestos e incentivos) y su eficacia en el entorno ambiental, lo que puede derivar puntos de encuentro entre la economía ecológica y la ambiental.

Un ejemplo puede ser el caso Sueco y sus impuesto sobre emisiones de oxido de azufre ( $SO_2$ ). Se destaca que estos tipos impuestos están favoreciendo una mejora en el ecosistema de dos formas: la primera de ella es incentivando la implementación de energías limpias libres de ( $SO_2$ ), y segundo, se captan fondos monetarios que pueden distribuirse en mejoras en el ecosistema mismo.

Aunque para los economistas ecológicos, el desarrollo sostenible debería enfocarse más en el cambio de actitud por parte de las naciones, las instituciones y las empresas, los impuestos ecológicos (ecotasas) se tornan como herramientas que aunque no son óptimas, pueden terminar siendo fundamentales.

## **1.5. CONCEPTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

Dada la necesidad de cuantificar los costos de contaminación y consumo excesivo de recursos no renovables, surge dentro de la economía convencional una

disciplina capaz de “monetizar” los perjuicios directos e indirectos que se generen en la interacción económica con los recursos renovables.

El desarrollo de la vida en sociedad, se da en un planeta donde sus recursos son finitos; por lo tanto es necesario que los modelos económicos se cimenten en políticas que reconozcan los límites al crecimiento económico, la capacidad de renovación de sus recursos naturales y el tope máximo de asimilación que tiene la biosfera de soportar emisiones contaminantes a causa de la actividad humana.

Por lo tanto, el “Desarrollo Sostenible” descansa sobre la aceptación de que el desarrollo es posible, necesario e importante; de que debe hacerse sostenible, perdurable y viable en el tiempo.<sup>24</sup> Además debe recoger los diferentes entes que componen un mundo económico, social y ambiental.

En general, entre los economistas, sostenibilidad se consideraba el ambiente y las condiciones necesarias para garantizar que la economía en sí misma, tuviera un patrón de crecimiento dinámico. De esta forma podía retroalimentarse a través del tiempo para garantizar unas tasas de crecimiento de mediano y largo plazo perdurables. En ese sentido, la sostenibilidad hacía básicamente referencia al patrón de acumulación y de especialización de la economía, que garantizara tasas de crecimiento sostenibles en el mediano y largo plazo.<sup>25</sup>

Por su parte, los economistas ecológicos argumentan, que el presente subsistema económico creado por los seres humanos ha llevado al ecosistema global casi a sus límites, destruyendo así la capacidad de la naturaleza de proveer los recursos necesarios para la preservación del propio sistema económico.

---

<sup>24</sup> Ver. OECD, International Energy Agency, “Toward a sustainable energy future”, OECD/IEA 2001, capítulo 2. También “Estrategia española de desarrollo sostenible”, [www.esp-sostenible.net](http://www.esp-sostenible.net)

<sup>25</sup> GARAY, Luis Jorge, «Modelo de Desarrollo y Sostenibilidad». En *Misión Rural. Transición: Convivencia y Sostenibilidad*, N° 5, 1998, p. 9. Santa Fe de Bogotá

En la década de los 80's, se realizó un intento de compatibilizar las propuestas de la economía ecológica con la economía ambiental. En el año de 1987 se le dio una interpretación especial al término desarrollo sostenible. No sin antes decir que el término "desarrollo sostenible" hace parte de los conceptos más controversiales en cuanto a su significado, ya que su base explicativa ha tenido cambios importantes al traducirse en diferentes idiomas, especialmente al español. Según La Real Academia Española el término "Desarrollo" es la evolución progresiva de una economía hacia mejores niveles de vida; también define la palabra "sostenibilidad" como un proceso que puede mantenerse por sí mismo.

Después de extensas reflexiones sobre el significado de la palabra desarrollo, se llegó a un consenso que unificó diversas definiciones. Se conoce como desarrollo sostenible a aquello que responde a las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.<sup>26</sup> En otras palabras, se puede definir como el desarrollo económico que no excede la capacidad de soporte del ecosistema global.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos surgidos en dicha reunión para reenfocar estructuralmente el significado de desarrollo sostenible, en nuestro presente la práctica no es acorde a la teoría. Juan Carlos Mantilla propone una alternativa al enfoque de desarrollo económico, planteando algunos aspectos claves en el desarrollo sostenible:

**El concepto de desarrollo sostenible se divorcia de la noción imperante de desarrollo, nacida en los tiempos de Adam Smith en su libro "La Riqueza De Las Naciones" (1776), que consideraba como su único factor el aumento continuo de la riqueza producida, a través de la industrialización y el progreso técnico. El problema estaba en que el desarrollo sostenible consideraba que el concepto de desarrollo debería integrar**

---

<sup>26</sup> Commission Mondiale south l'environnement et le développement. Rapport Brutland. Notre avenir á tous. Editions du fleuve. Publications du Quedec. 1987

## **algunos aspectos del bienestar que no son directamente económicos.<sup>27</sup>**

Es por esto que el paradigma tradicional de la economía sigue siendo blanco de ataques constantes por parte de ecólogos y con más frecuencia de los economistas verde. Estos buscan las causas del fracaso de la economía, resolviendo el problema básico de la asignación de los recursos en un marco democrático<sup>28</sup>.

La economía ecológica, critica la concepción de una economía como sistema cerrado. Argumentan que no es capaz de satisfacer las necesidades vitales de la mayoría de la población y que deteriora de forma irreversible los recursos naturales. Sin embargo ésta no rechaza totalmente el concepto de desarrollo sostenible, pues propone nuevos instrumentos económicos que deben aplicarse en conjunto. Dos de estas herramientas son:

Un nuevo sistema de Contabilidad General donde se incorpore los costes ecológicos, sociales y ambientales ligados a los procesos económicos. Una propuesta interesante es aportada por la economista Marilyn Waring al denunciar que el trabajo femenino (el doméstico y la reproducción) y el medio ambiente se excluyen de todas las contabilidades nacionales.

También proponen el desarrollo de un indicador del bienestar que sustituya al Producto Interno Bruto (PIB) y que incluya, tanto los gastos de defensa del medio ambiente como la depreciación del capital medioambiental a largo plazo. La

---

<sup>27</sup>MANTILLA, Juan Carlos, Tendencias Mundiales y Latinoamericanas en el Uso de los Recursos Energéticos , pág. 88

<sup>28</sup> EHRlich. Paul y Anne; Ecología: Medios últimos y limitaciones biofísicas. La humanidad en la encrucijada, P 54,

aportación más aplaudida es la del economista Herman Daly que propone recurrir al Producto Nacional Neto Social Sostenible.<sup>29</sup>

Es por esto que hoy día, el *homo sapiens* se encuentra en un punto de elección histórico. Este es singular en la historia de la Tierra, por que comprende una cultura mundial y las elecciones se debaten abiertamente.<sup>30</sup> Por un lado, está la llamada “manía por el crecimiento” y por el otro, la oportunidad de forjar “una sociedad sostenible”.

La primera se basa en un sistema social dominante, promulgado principalmente por el hemisferio occidental, en donde dicho crecimiento conllevará a que los países pobres se enriquezcan y los ricos se hagan más ricos.<sup>31</sup> En cuanto al uso de recursos, incluso no renovables (como los combustibles fósiles) se esperara que antes de que escaseen, sean sustituidos por nuevos recursos; Y con respecto a la contaminación ambiental, se espera que el desarrollo de nuevas tecnologías salvadoras, logren mitigar dichas calamidades. Ante la anterior definición, la ecología podría inferir que los economistas no tienen ninguna teoría sobre crecimiento económico que involucre directamente la coyuntura ecológica.

En la otra opción se presenta la alternativa de un escenario sustentable, cuya principal característica es que las especies puedan mantenerse indefinidamente, sin causar degradación en los recursos. De esta forma no se comprometerían las generaciones futuras.

---

<sup>29</sup> FERRETE. Sarria, Carmen; Ecología, economía y ética, La problematicidad del desarrollo sostenible. I.B Almazora (Castellón).

<sup>30</sup> EHRLICH. Paul Y Anne; La humanidad en la encrucijada, Ecología: medios últimos y limitaciones biofísicas, p.50.

<sup>31</sup> *Ibíd.*

## 1.6. LA CRISIS ENERGÉTICA

Uno de los más grandes problemas que enfrenta la humanidad en el presente, pasa por las externalidades generadas de la quema de combustibles fósiles. Es claro que el sistema económico actual es totalmente dependiente a los hidrocarburos. Las diversas industrias satisfacen sus necesidades y generan utilidades gracias a dichos compuestos; de este principio, parte la gran dificultad mundial para la búsqueda del cambio de paradigma energético.

Ahora bien, es necesario dentro del presente análisis identificar las consecuencias que derivan de la explotación de estos recursos no renovables; como la masiva destrucción de los ecosistemas, que generan pérdida de biodiversidad. En general, la quema de combustibles fósiles influye directamente en los efectos ambientales, lo que abre el debate ecológico y ambiental acerca del uso de los hidrocarburos.

Por otro lado, en el aspecto netamente monetario, la economía está pasando por otra encrucijada delicada; los últimos índices de reservas, donde se incluyen el petróleo, el gas y el carbón, no resultan para nada alentadores. Dichas reservas indican que a excepción del carbón, el consumo de los demás, está superando los niveles de extracción y producción.

Los altos precios del crudo, dado el aumento en la demanda de petróleo y el control de la oferta por parte del cartel de la OPEP, es otro de los factores que desequilibran la economía, especialmente si dicho país es importador neto de petróleo.

Estas vicisitudes harán tambalear en el corto plazo las poderosas economías mundiales, ya que proveerse de reservas energéticas se volvería todo un caos y a la vez una necesidad primordial. Vale la pena citar que a lo largo de la historia se

han librado guerras por el dominio de los combustibles. Quizás el ejemplo más reciente es la invasión a Iraq, la cual según especialistas en geopolítica, fue influenciada por las grandes reservas petrolíferas.

Pero no solo las naciones y su industria han sufrido los rigores de los altos precios en los mercados. La economía familiar se ha visto golpeada drásticamente con el aumento del precio de los productos que derivan del petróleo. El petróleo forma parte de todo tipo de plásticos, productos químicos, materiales de construcción; la lista sería interminable y abarca objetos tan variados como componentes internos y cubiertas de aparatos electrónicos, detergentes, productos de limpieza, pinturas, PVC, fertilizantes agrícolas, medicamentos, botellas, pañales, ordenadores, teléfonos móviles, pastas de dientes, neumáticos, entre otros.

El desaforado crecimiento económico y el desenfrenado consumismo han descuidado los recursos naturales, aun cuando estos hacen parte de los factores de producción. Esto pone en riesgo la capacidad de utilización de estos acervos para las generaciones futuras.

La sobre explotación de los recursos naturales y la contaminación atmosférica que padecemos hoy en día, pasan la cuenta de cobro de los malos manejos y la ambición de riqueza de alguna parte de la población.

Hoy en día existen factores, con trascendencia histórica, cultural y romántica, los cuales han contribuido que en el entorno de los combustibles fósiles, se hayan creado (como lo decía Georgescu Roegen) "Mitos", que de alguna u otra forma impiden que se observe el meollo del consumo excesivo de hidrocarburos.

A pesar de las consecuencias drásticas que está sufriendo nuestro ecosistema, a causa del abuso consumista, existen algunos científicos y teóricos, que

amparados en el “milagro” de la tecnología, esperan superar con creces todas las adversidades presentes y futuras.

La tecnología utópica, en el cual se refugian muchos teóricos, puede explicarse claramente en palabras de Georgescu-Roegen:

**“para los economistas tradicionales y marxistas, la tecnología se ha convertido en una forma de salvación que no conoce ningún límite”, arguyendo que todos los problemas de escases, pueden resolverse con algún tipo de sustituto, incrementando además su productividad.<sup>32</sup> Esto ha generado un estado de confianza absoluta que ha oscurecido la realidad de nuestro entorno.**

Martínez Alier considera lo siguiente con respecto a la tecnología:

**Para que una tecnología sea viable y pueda hacer crecer la economía, no es suficiente que esté compuesta de “recetas” factibles, es necesario que además incluya una receta de captación de baja entropía del medio ambiente, es decir, de captación de energía y materiales que podamos poner a nuestra disposición<sup>33</sup>.**

Aunque no se puede descartar del todo la capacidad innovadora de la tecnología, sería una actitud irresponsable fijar nuestras esperanzas en la construcción de algún tipo de maquina catalizadora que revierta los daños realizados a los ecosistemas y prevenga las externalidades futuras. Resulta cómico pensar que las próximas generaciones tendrían que encargarse de un problema provocado por sus antepasados, quienes usufructuaron los recursos naturales sin tener la más mínima consideración con sus predecesores.

---

<sup>32</sup> GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas: En: Ecología: medios últimos y limitaciones biofísicas; Selecciones de “Mitos de la economía y de la energía”, p78.

<sup>33</sup> MARTINEZ, Alier. De la economía ecológica al ecologismo popular; Icaria editorial S.A. p 49.

De acuerdo con la teoría económica tradicional, la sociedad dispone de diversos factores de producción como el trabajo, el capital y los recursos naturales. Los ecosistemas se pueden catalogar en este último factor. Es por esta razón que los recursos naturales y su preservación deben ocupar puestos preponderantes en el análisis económico actual, ya que proporcionan fuentes necesarias para nuestra supervivencia, ofreciéndonos recursos valiosos como el agua, los alimentos, los hidrocarburos, etc.

En la coyuntura económica, se dice que todos los agentes se comportan de forma “racional”, lo que implica que cada agente conoce lo que le conviene y actúa procurando obtener su mayor bienestar. Sin embargo, las funciones agregadas de la producción casi siempre ignoran por completo la naturaleza y los recursos naturales.

En palabras de Marx:

**El hombre se opone a la naturaleza siendo una de las propias fuerzas de ella... a fin de apropiarse de la producción de aquella de una manera que se adecúe a sus propias necesidades. Al actuar así en el mundo externo y cambiarlo, el hombre cambio al mismo tiempo su propia naturaleza.<sup>34</sup>**

Esto se ve reflejado en nuestro presente. Las sociedades de consumo han venido “devorando” de forma irresponsable los recursos naturales, pasando por alto los daños ecológicos y ambientales que estos generan. Como diría Herman Daly, La economía se ha desprendido de sus propios fundamentos biofísicos.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> MARX. Carl; Capital I, p. 177.

<sup>35</sup> E.DALY. Herman; Ecología: medios últimos y limitaciones biofísicas, introducción, p. 47.

## 1.7. EL CAMBIO CLIMÁTICO

Otro de los problemas ambientales que se ha podido demostrar, es el aumento considerable en el porcentaje de la temperatura general del planeta. Este fenómeno provoca una reacción en cadena de efectos colaterales. Un ejemplo es la variedad de cultivos. Estos se dan a cierta altitud y condiciones climáticas, si se vieran expuestos a variaciones en la temperatura, su ciclo biológico se distorsionaría provocando serios problemas de seguridad alimentaria.

Por otro lado, existe una alta correlación entre los “súbitos” cambios de temperatura que se perciben en la tierra, y los aumentos de fenómenos meteorológicos como huracanes, inundaciones, sequias entre otros; los cuales podrían desestabilizar las economías y devastar cualquier nación.

Vale la pena recordar que la ecósfera<sup>36</sup> es la zona potencialmente apta para la generación y existencia de vida en un sistema planetario, allí intervienen los seres vivos y la relación que existe con los no vivos. En los ecosistemas, existe una interacción que permite un punto de equilibrio entre los participantes, pero en el caso de los humanos, nos hemos encargado que dicho equilibrio se rompa, sobre explotando los recursos. En otras palabras, se puede decir que la sociedad y especialmente los economistas desconocemos el concepto de ecosistema finito.

En un mundo donde la población tiende a crecer de manera exponencial como lo preveía Malthus, la participación de bienes materiales per cápita descendería incesantemente, llevándonos a un aumento considerable de la miseria humana, al no comprender que la tierra es finita.<sup>37</sup> En conclusión, lo economistas ecológicos

---

<sup>36</sup> Abarca todos los organismos vivientes -la biosfera- y las interacciones entre ellos y con la tierra, el agua y la atmósfera.

<sup>37</sup> HARDIN, G; La tragedia de los espacios colectivos, Ecología: medios últimos y limitaciones biofísicas, p 112.

realizan una crítica a la economía tradicional, por desconocer los conceptos de un sistema finito.

### **1.8. MARCO CONCEPTUAL**

En nuestro mundo globalizado, una serie de eventos que se caracterizan por no ser favorables al ser humano y a la naturaleza se vienen presentando en las últimas décadas. La crisis mundial que está generando el excesivo consumo de combustibles fósiles, afecta desde una perspectiva interdisciplinaria a nuestro entorno.

Por un lado, tenemos lo que se deriva de un problema geopolítico y económico, nos referimos a la escasez de los combustibles fósiles, con los cuales se sustentan las economías mundiales ya que son los principales generadores de energía para la industria y el comercio. Por otro lado, pero no menos importante, tenemos el problema ecológico y ambiental que causa a los ecosistemas la quema de combustibles fósiles.

Según Anabella Abate, hay tres aspectos importantes que se deben tomar como punto de partida. La necesidad de buscar otras fuentes de energía; la importancia de racionalizar el consumo de hidrocarburos y por último el replanteamiento del modelo energético a nivel mundial.

A estas tres necesidades debería agregársele el desarrollo y aplicación de políticas ambientales y ecológicas, que permitan un aumento paulatino del bienestar de la población y delimite de una vez por todas, el camino de la legislación como opción para el cambio.

La importancia de la necesidad de nuevas fuentes de energía se da por el aumento del consumo energético y la reducción de las reservas existentes. Esta

coyuntura hace que se generen consecuencias negativas como: especulaciones en los precios; conflictos armados para apoderarse de los acervos y daños irreversibles para el medio ambiente.

Con la presente investigación, se buscara hacer un análisis actual y futuro sobre los hidrocarburos, haciendo énfasis especialmente en Colombia. Además de esto, la investigación busca nombrar y plantear las diversas formas de energías alternativas o energías verdes, (haciendo un énfasis exclusivo en la energía solar y todas sus variantes), con el fin de iniciar el debate acerca de la necesidad de cambiar el paradigma energético, por un abastecimiento más limpia.

La investigación no busca sustituir por completo el uso de combustibles fósiles, ya que esta interpretación resultaría utópica. La propuesta consiste en primera instancia, llamar la atención sobre las externalidades que se producen por la quema de combustibles. También se realiza un análisis económico a la situación actual de los hidrocarburos en Colombia y el mundo. Por último se dan algunos parámetros para la implementación de energías renovables (la solar), como solución parcial a la crisis energética.

Hay que tener en cuenta que para el uso y desarrollo de energías alternativas se necesitan importantes sumas de dinero. No todos los países están en disposición de poder adquirirlas y ponerlas en marcha, además de no contar con el potencial tecnológico para poder recibir sus beneficios.

También es importante destacar, que en la búsqueda de un desarrollo prospero, se deben estudiar varios aspectos, tales como: las condiciones climáticas, el territorio, la ubicación geográfica, la incidencia que conlleva y la favorabilidad para el medio ambiente, etc. En fin son características físicas geológicas y tecnológicas, las que se deben que tener en cuenta, a la hora del desarrollo de alguna de estas alternativas de energía.

Con respecto a las políticas ambientales, hay que decir que en los países no se establecen medidas de este tipo; en los planes de gobierno no es prioridad y en el caso extremo, no se le da la importancia que deberían tener. Si partimos del hecho, que el problema energético y sus externalidades son de carácter global, debe ser la política, la encargada de llegar a consensos mundiales y garantizar así la armonía de las regiones.

Por otro lado, la legislación debe ser clara en identificar los afectantes y los afectados a causa de la contaminación. Solo de esta forma se consolidara una cultura de equidad social, que internalice verdaderamente los efectos nocivos sufridos por el ecosistema.

Por último, consideramos que un economista integral, debe siempre dar un alto valor al medio ambiente y al ecosistema, siendo responsable a la hora de hablar de asignación y utilización de los recursos naturales; es por eso que una parte de esta investigación se centrará en mostrar la problemática ambiental que hoy nos aqueja, presentando algunas alternativas teóricas que permitan cambiar el enfoque y aumentar el sentido de pertenencia por nuestro planeta.

## 2. ENERGÍA E HIDROCARBUROS

*"Los precios deberían reflejar la verdad ecológica.  
Sólo así puede la eficacia de la economía de mercado  
ser de utilidad para el medio ambiente.*

ERNST VON WEIZSÄCKER

### 2.1. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

Desde el origen de los tiempos y especialmente en la época industrializada, la energía y la explotación de sus diversas fuentes, ha determinado el crecimiento y el desarrollo de comunidades enteras. Entonces, sería válido decir que nuestra sociedad es altamente dependiente de los combustibles fósiles.

Los hidrocarburos desde hace quizás un centenar de años, se han convertido en los bienes más valiosos para cualquier nación. La ausencia o en su defecto la tenencia de grandes reservas ha generado conflictos bélicos por el apoderamiento de dichos recursos.

El crecimiento económico de una región depende en gran parte de la energía. Esto se ejemplifica al observar la relación entre el producto interno bruto (PIB) y el consumo energético de las naciones. Básicamente la estructura de nuestro sistema global, está sustentada en la obtención, conversión y utilización de los diversos acervos energéticos.

Actualmente el consumo energético es mayor en los países desarrollados. Si sumamos a Norte América, Euro-Asia<sup>38</sup> y Asia-Pacífico, su consumo alcanza el

---

<sup>38</sup> Se denomina Euro-Asia al territorio comprendido por el continente Europeo y Asiático.

86.3% del total de la energía mundial, con el agravante que la mayoría de dicho consumo es de combustibles fósiles.

Un ejemplo del inequitativo consumo mundial de energía lo demuestran los casos particulares de Estados Unidos y China. Entre estos dos países obtuvieron una participación en el consumo energético del año 2008, con un 38.1% en energía primaria<sup>39</sup> mundial.

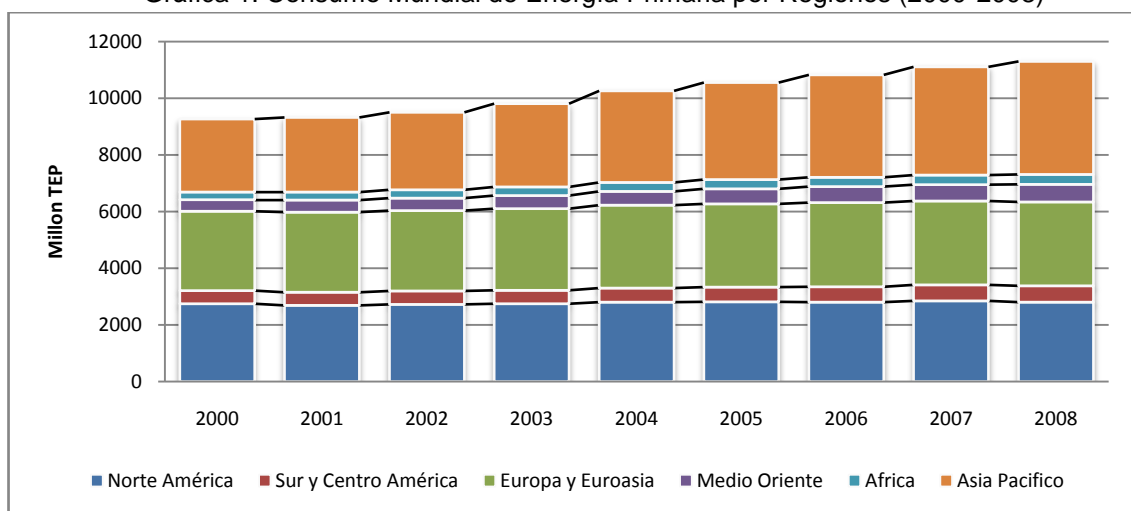
Esta asimetría en el consumo energético acentúa las externalidades negativas para el resto del mundo. Lo que más preocupa es que la sexta parte de la energía consumida por estos dos países, proviene de la quema de carbón. El carbón es el mayor contaminante del medio ambiente, debido sus altas concentraciones de  $CO_2$ , siendo esta una sustancia causante del efecto invernadero.

En contraste con las cifras anteriores, el consumo de energía primaria de Sur y Centro América, Oriente Medio y África, alcanzan una participación en el año 2008 del 13.7%. No obstante, la variación porcentual entre los años 2007 y 2008 presentaron una participación de 2.6%, 5.9% y 4.1% respectivamente, superando regiones como Asia Pacífico, Euro Asia y Norteamérica, que en promedio acumularon un total de 2.1%. La anterior aseveración indica que los países en vía de desarrollo, están aumentando considerablemente el consumo energético.

---

<sup>39</sup> Energía contenida en recursos naturales (carbón, petróleo crudo, luz solar, uranio) que no ha tenido ninguna intervención antropogénica. véase: [www.desarrollosustentable.pemex.com/portal/index.cfm](http://www.desarrollosustentable.pemex.com/portal/index.cfm)

Gráfica 1. Consumo Mundial de Energía Primaria por Regiones (2000-2008)



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

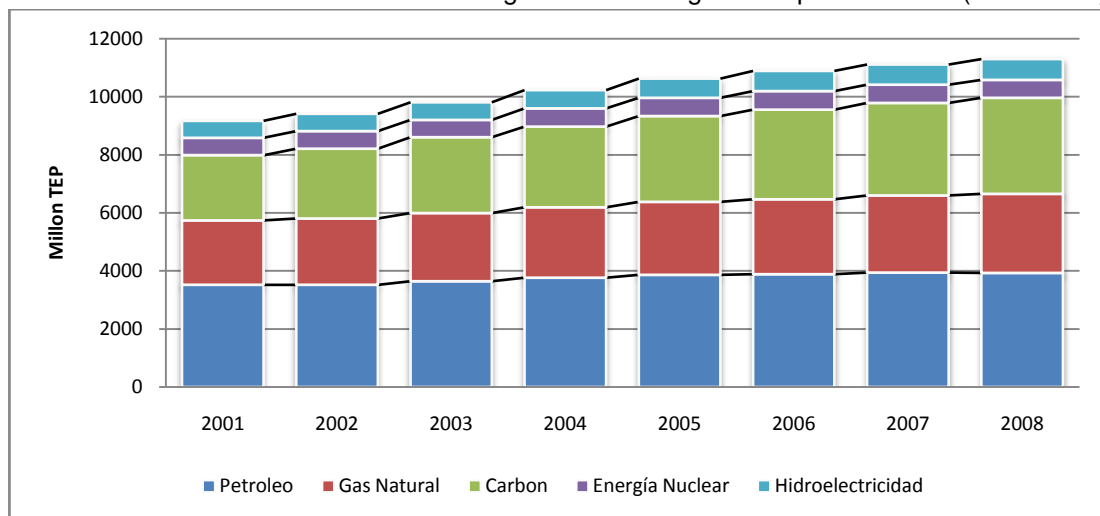
El consumo mundial de energía primaria ha venido creciendo durante la última década. El cambio porcentual en el consumo de las diferentes regiones mundiales, estuvo marcado por el descenso de Norte América entre los periodos 2007 y 2008. Esta región del planeta en el último año, redujo el consumo de energía primaria en 1.8%, pasando de consumir 2849.4 toneladas equivalentes a petróleo a 2799.1 TEP. Este comportamiento puede deducirse de los inicios de la contracción económica que experimento Estados Unidos desde finales del 2008, a causa del colapso del sector inmobiliario y el elevado precio del petróleo.

Sin embargo, las demás regiones del mundo experimentaron un aumento en el consumo de energía primaria durante el periodo 2007-2008; En la gráfica N°1, se observa, que Oriente Medio fue la región en donde se presentó mayor variación en el consumo, con un notable aumento del 5.85%, seguido de África con 4.24%, Asia Pacífico con 4.17% y Sur y Centro América con 2.78%. En el caso de Europa y Euro Asia, se presentó un bajo aumento del 0.26% en el consumo de energía primaria.

Con respecto a la variación a partir del año 2000, la población mundial consumió un 21.98% más de energía primaria en el 2008, en donde las regiones que más aportaron a esta alza fueron Asia Pacífico y Medio Oriente con un aumento del 35.39% y 34.88% respectivamente.

Asia Pacífico, lleva el rotulo de ser la región que más consume energía primaria en el mundo, con una participación mundial de 35.3%, el segundo puesto lo ocupa Europa y Euro Asia con un 26.2%, seguido de Norte América con un 24.8% y por último se encuentran las regiones de Oriente Medio, Sur y Centro América y África, con una participación de 5.4%, 5.1% y 3.2% respectivamente.

Gráfica 2. Consumo Mundial de Energía Primaria Según su Tipo de Fuente (2001-2008)



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

El consumo de energía por fuente, permite analizar las proyecciones que ha tenido cada tipo de combustible a lo largo del periodo estudiado.

El consumo mundial de petróleo tiene un comportamiento característico en el periodo de estudio (2001-2008), a pesar de que el consumo ha presentado un crecimiento año tras año a excepción del 2008. En el año 2001, el petróleo

representaba el 38.4% del total del consumo energético mundial, manteniéndose lejos (aproximadamente 10 puntos porcentuales con respecto al carbón) el primer lugar de generación energética mundial, ocho años después, su participación en la generación energética ha disminuido, ubicándose con un 34.8% en el año 2008.

El Gas Natural se ha mantenido en el periodo de estudio (01-08), a una tasa de crecimiento promedio de 2.9% anual. El consumo de este combustible fósil aumentó en el último año un 2.78%, situándose en una producción de 2726.1 de millón TEP, manteniendo a su vez una participación constante de 24% en la generación energética mundial.

El consumo de Carbón para la generación de energía se ha disparado notablemente en la última década. Para el periodo 2007-2008, aumentó en un 3.4%, siendo el combustible fósil con mayor crecimiento en el consumo. Su promedio anual, se situó aproximadamente en 5%. En cuanto a la participación total por tipo de fuente, el carbón aporta el 29.2% acercándose rápidamente al petróleo.

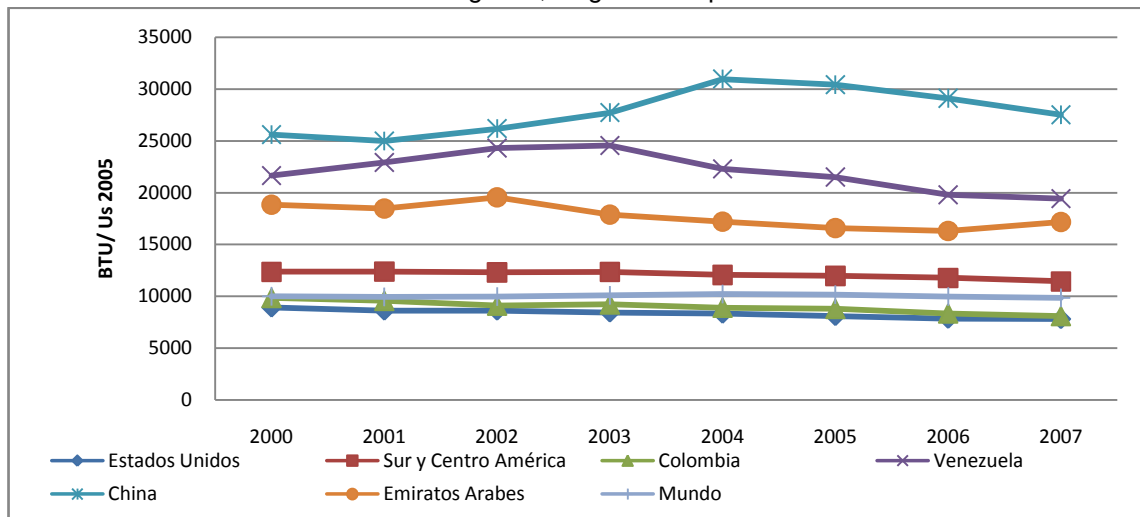
La Hidroelectricidad ha mantenido una participación constante en la generación de energía mundial con un 6.4% del total. Dicho crecimiento es similar, al nivel de consumo energético mundial. Por otro lado vale la pena resaltar que en el periodo 2007-2008, la generación de energía por fuente hidroeléctrica creció un 22.7%.

Por último, la Energía Nuclear ha mantenido pequeños crecimientos anuales (0.4% aproximadamente), siendo el tipo de generación energética que menos ha crecido durante la última década; además, al igual que el petróleo, son las únicas fuentes que han disminuido su participación porcentual. La energía nuclear paso de 6.6% al 5.5% de la participación total en el periodo de estudio.

### 2.1.1. Intensidad Energética

Existe en el ámbito internacional un indicador que asocia el consumo de energía y el crecimiento económico de los países. Este indicador denominado intensidad energética, es la relación entre la energía demandada y la producción de una unidad de producto interno bruto (PIB). Este análisis es catalogado como uno de los fundamentos de valoración energética de las economías mundiales.<sup>40</sup>

Gráfica 3. Intensidad Energética, Regiones Representativas en el Mundo.



Fuente: Energy Information Administration "EIA", (2000-2007)

En otras palabras, la intensidad energética de un país, vislumbra el grado de eficiencia en la relación Energía - PIB. Para el caso de estudio, se tomó en cuenta algunos países que tienen participación importante en el consumo de energía, como lo es EE.UU y China; y dos representantes de los países exportadores de petróleo como Emiratos Árabes y Venezuela. Este último es de gran importancia, dadas las relaciones binacionales de comercio con nuestro país.

<sup>40</sup> UPME, Ministerio de minas y Energía; Cadena del Petróleo 2009, República de Colombia.

Aunque es necesario realizar un análisis más conciso acerca de las estructuras del PIB en las regiones mencionadas, es posible deducir que una baja intensidad energética, reflejará una mayor eficiencia y por ende un mayor bienestar para dicha región.

Con respecto al promedio mundial de intensidad energética, China, Venezuela, Emiratos Árabes y el promedio de Sur y Centro América se encuentran por encima de la media mundial. Por otro lado, Colombia y Estados Unidos están por debajo de dicho promedio.

El caso Chino es particular, es quizás el país con más alto índice de intensidad energética. Esto es básicamente influenciado por el alto consumo de carbón. Vale la pena recordar, que el carbón es un hidrocarburo que genera grandes cantidades de energía y también altos niveles de contaminación atmosférica.

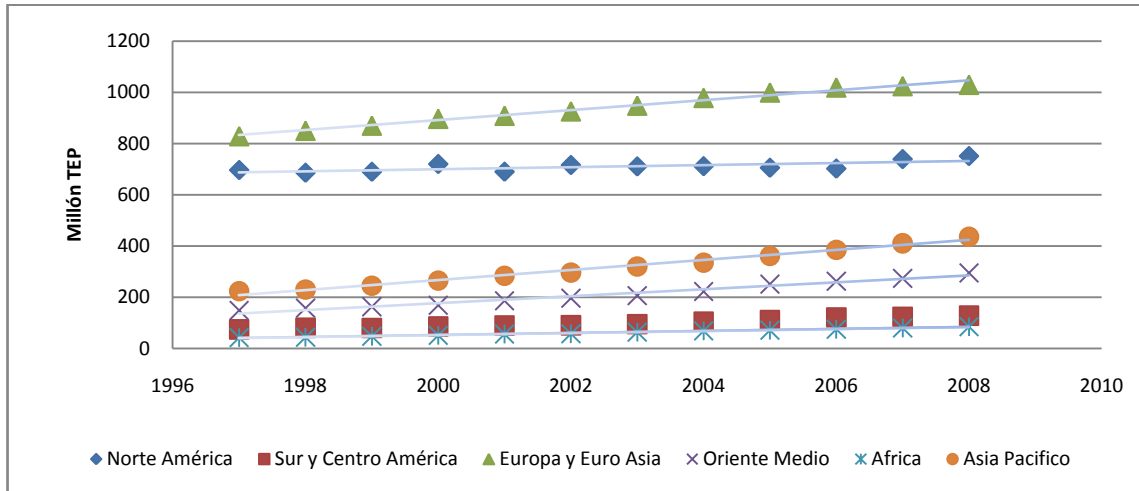
## **2.2. GAS NATURAL**

El Gas Natural, es una mezcla de gases que se encuentran al interior de la tierra. Sus orígenes son similares a los del petróleo, siendo más fácil su extracción. La composición del gas está distribuida en un 70% gas metano, cuyo estado original es gaseoso y un 30% de gases GLP o gases licuables.

Ante la inminente alza en los precios del petróleo, el Gas Natural ha entrado a hacer parte importante en la generación de energía a nivel mundial. También se destaca la amplia gama de aplicaciones técnicas que se están obteniendo con el gas natural, al ingresar en mercados como el transporte y la generación de electricidad.

## 2.2.1. Consumo Mundial de Gas Natural

Gráfica 4. Consumo Mundial de Gas Natural.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

El consumo mundial de gas natural, ha venido creciendo en las últimas décadas. Los motivos que promueven el consumo de este hidrocarburo son diversos y a la vez contradictorios. Por un lado, los altos precios del petróleo y sus derivados, han provocado que los consumidores busquen un bien sustituto, que de alguna u otra forma satisfaga las mismas necesidades de generación de energía, pero a un menor precio.

Otra de las grandes razones es la concienciación social que ha generado el efecto contaminante, sobre todo con la emisión de sustancias generadoras de efecto invernadero, lo que le ha permitido al gas, consolidarse, gracias a su utilidad y moderada contaminación en el campo de los combustibles fósiles.

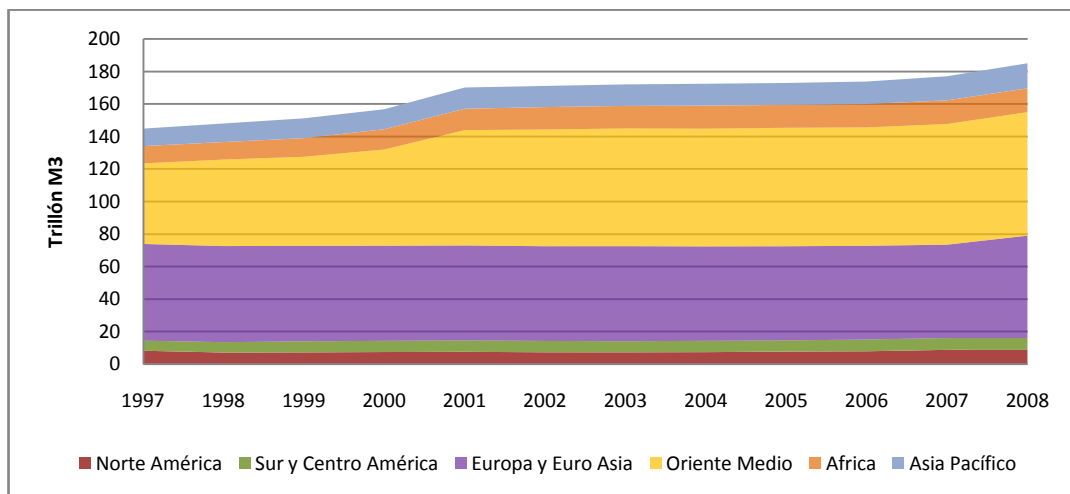
En el año de 1997, el consumo mundial de Gas Natural fue aproximadamente de 216,1 Millones de TEP. Durante este periodo, Europa y Euro Asia, fueron las regiones con el consumo más activo en el ámbito mundial, acercándose al 41%.

La participación en el año 2008 varió porcentualmente con respecto a la tendencia de 1997. Teniendo en cuenta que Norte América, Europa y Euro Asia aumentaron el consumo a lo largo de dicho periodo, su participación en el porcentaje global descendió en 6.9% y 3.3% respectivamente.

Las demás regiones tuvieron un aumento considerable en el porcentaje del consumo mundial, destacándose Oriente Medio con un aumento de 3.4 puntos porcentuales, seguido de Asia Pacífico con 4.9 puntos porcentuales.

### 2.2.2. Reservas Probadas de Gas Natural

Gráfica 5. Reservas Probadas de Gas Natural en el Mundo.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

Las reservas mundiales de gas Natural, vienen creciendo desde que la utilización de este hidrocarburo se ampliara a los diferentes campos industriales. Motivo que incentivó la búsqueda y localización de reservorios de gas a lo largo y ancho de nuestro planeta.

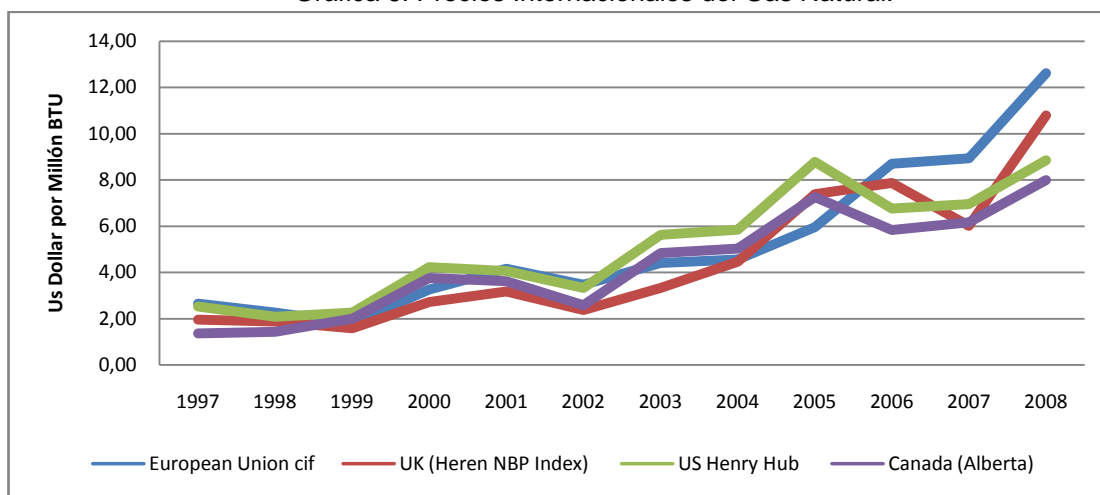
Durante el periodo 1997-2008, las reservas probadas en el mundo aumentaron en un 40%. Pasaron de 132.58 a 185.02 Tm3. Se destaca de forma importante el

aumento del último año, al presentar la tasa más alta de variación del periodo, con un aumento del 4.7% en las reservas probadas.

La región que más aportó en el total de reservas gasíferas fue Oriente Medio, gracias a que Arabia Saudí e Irán, tuvieron un incremento significativo en la exploración de nuevos pozos. Sin embargo, los países que poseen las mayores reservas internacionales en el año 2008 son Estados Unidos con 600.7 Tm<sup>3</sup> participando así del 22% mundial de las reservas y la Federación Rusa con 378.2 Tm<sup>3</sup> con una participación de 13.9%.

### 2.2.3. Precios Internacionales del Gas Natural

Gráfica 6. Precios Internacionales del Gas Natural.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

El incremento constante en los precios del Gas Natural, no debería sorprender a nadie. Es el reflejo de la interacción oferta – demanda en los mercados competitivos. Lo importante del estudio es identificar y cuantificar la tasa de crecimiento de dichos precios. Para nuestro caso se tomaron como referencia, los índices de precios más representativos a nivel mundial, como lo son, European Cif, la US Henry Hub, la UK y la Canadá Alberta.

En el último año de estudio (07-08), los precios aumentaron en un nivel exorbitante. El precio de referencia UK United Kingdom paso de 6.01 a 10.79 dólares, para un incremento de casi el 80% en su precio. Los demás precios de referencia tuvieron un aumento promedio del 35% durante el mismo periodo.

Se prevé que a medida que el gas natural logre penetrar las diferentes esferas industriales, (por ejemplo la conversión masiva de motores para el sector transporte), y los altos precios del petróleo continúen en alza, la tendencia mundial de los precios del gas se incrementara.

### **2.3. CARBÓN**

El carbón fue el primer combustible fósil que utilizó el hombre. Cuenta con abundantes reservas a nivel mundial. Representa cerca del 70% de las reservas energéticas mundiales de combustibles fósiles conocidas en la actualidad. El carbón es una roca solida con alto contenido de carbono y es el hidrocarburo más utilizado en la producción de electricidad a nivel mundial.

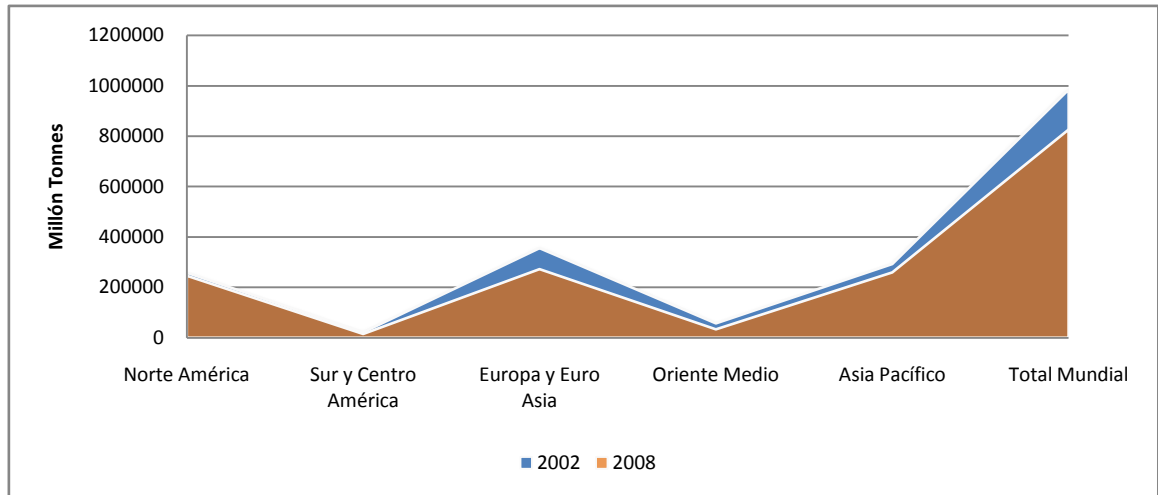
Hay dos tipos de carbón, el mineral y el artificial. En esta última clase se identifican el coque y el carbón vegetal, como los más representativos. El carbón mineral se puede clasificar en:

- Turba: es el carbón más reciente. Tiene un porcentaje alto de humedad (hasta 90%), bajo poder calorífico (menos de 2000 kcal/kg) y poco carbono (menos de un 50%). Se debe secar antes de su uso. Se encuentra en zonas pantanosas. Se emplea en calefacción.
- Lignito: poder calorífico menor de 7000 kcal/kg, con más de un 50 % de carbono y mucha humedad (30%). Se encuentra en minas a cielo abierto y por eso, su uso suele ser rentable. Se emplea en centrales eléctricas.
- Hulla: tiene alto poder calorífico, más de 7000 kcal/kg y elevado porcentaje de carbono (85%). Se emplea en centrales eléctricas y fundiciones de metales.

- Antracita: es el carbón más antiguo, pues tiene más de un 90% de carbono. Arde con facilidad y tiene un alto poder calorífico (más de 8000 kcal/kg).

### 2.3.1. Reservas Mundiales de Carbón

Gráfica 7. Reservas Mundiales probadas de Carbón.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

Las reservas mundiales de carbón han disminuido considerablemente. Europa y Euro Asia, son las regiones que más concentran reservas de este hidrocarburo. En el año 2002, contaba con el 36.1% del total de las reservas, pero en el año 2008 su participación disminuyó al 33%.

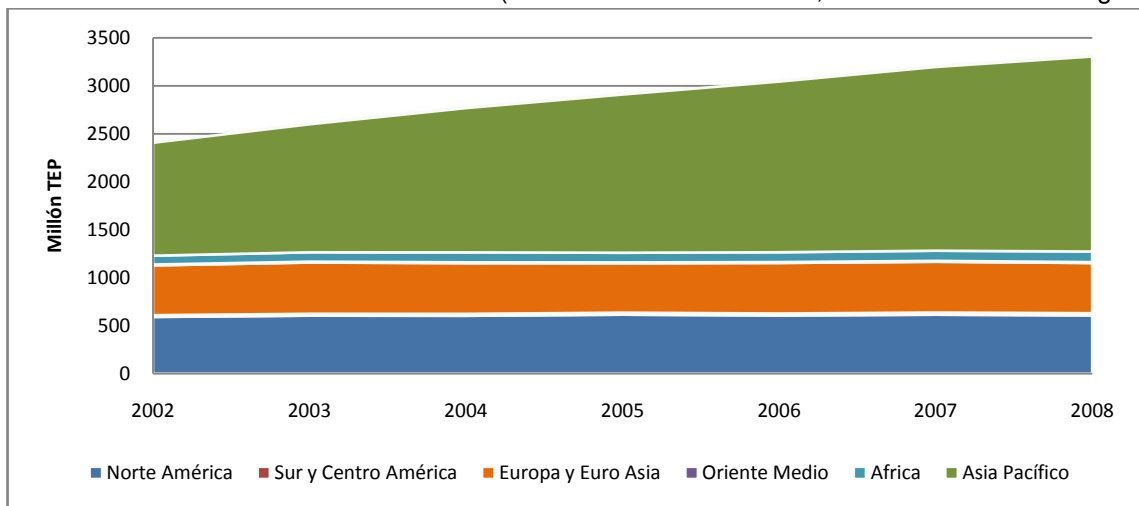
Regiones como Norte América y Asia pacífico, a pesar de ver disminuida en 4.5% y 11.4% respectivamente las reservas probadas de carbón, aumentaron su participación en el porcentaje total de reservas mundiales en el año 2008. Todo se debió a la disminución drástica de las reservas en Europa y Euro Asia.

Los países que tienen mayores reservas de carbón en el mundo son: Estados Unidos, con 238308 millones de toneladas (Mt) y cuya participación en el total mundial (2008) fue de 28.9%, lo sigue Rumanía con 157010 Mt, para una

participación del 19% y China con 114500 Mt y una participación mundial del 13.9%. Las reservas de Sur y Centro América solo equivalen al 1.8% del total mundial, cantidad que resulta marginal a la hora de hacer análisis comparativos de impactos a nivel mundial.

### 2.3.2. Consumo Mundial de Carbón

Gráfica 8. Consumo Mundial de Carbón (Anthracite and bituminous, Sub-bituminous and Lignite)



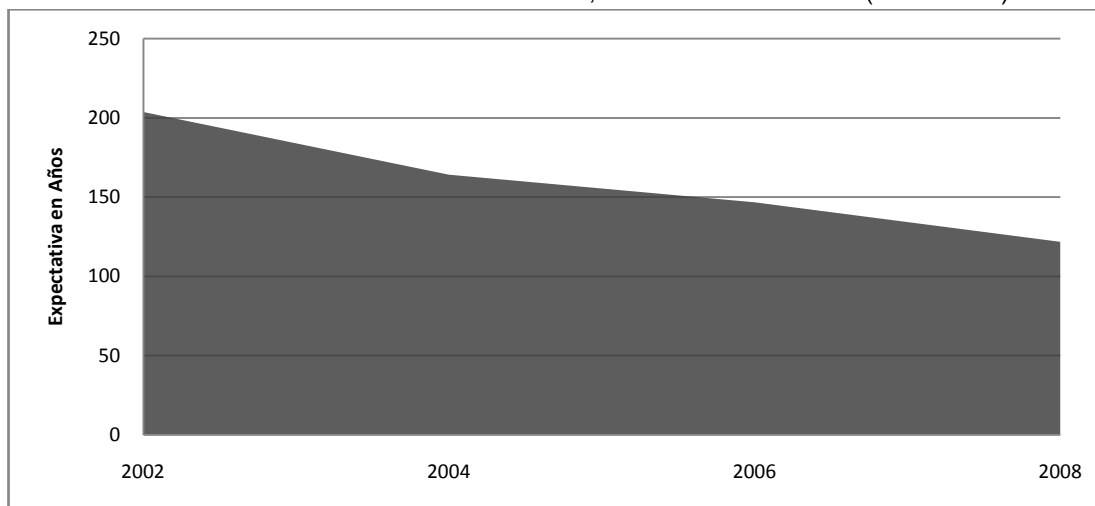
Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

El consumo mundial de carbón se ha incrementado durante el periodo estudiado. Asia Pacífico aumentó su consumo de carbón (2002-2008) en un 72.7%, seguido por Sur y Centro América con un 27% y África con 19.4%. De lo anterior vale la pena resaltar, que excluyendo a Asia Pacífico, las otras dos regiones, aún siendo las de menor participación en el consumo mundial, vienen aumentando notoriamente su consumo a corto plazo.

En cuanto a la participación en el total del consumo mundial, para el año 2008 Asia pacífico alcanzó un promedio de 61.48% del total, seguida por Norte América con 18.37% y Europa y Euro Asia con 15.82%. El consumo de Sur y Centro América solo alcanza un 0.7% del total mundial.

### 2.3.3. Ratio Mundial de Carbón

Gráfica 9. Ratio Mundial de Carbón, Reservas/Producción (2002-2008).



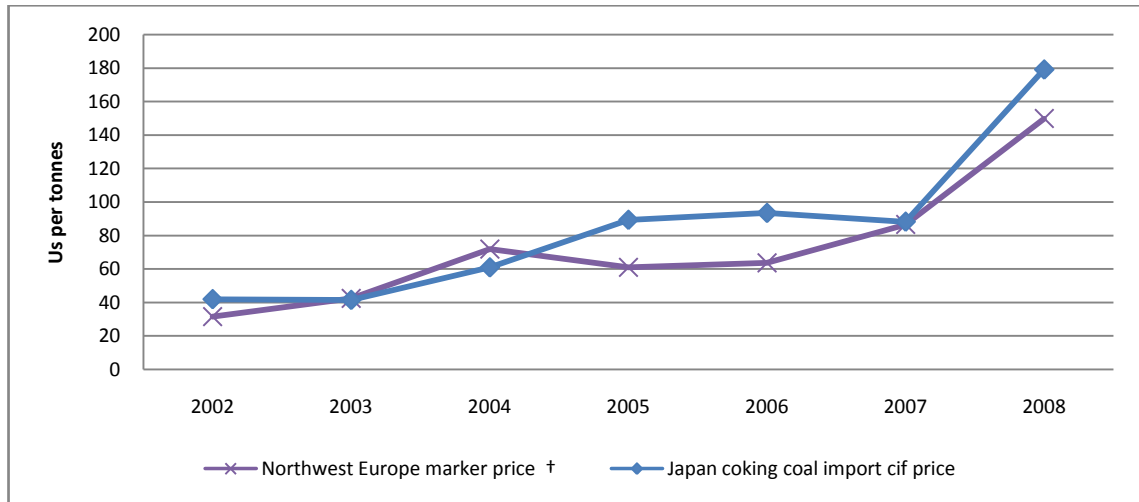
Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

Para entender mejor la interacción del carbón en el mercado mundial, se emplea un indicador llamado ratio (reservas/producción), que permite calcular los años que durarían las reservas si la producción se mantuviera constante. Para el año 2002 la ratio era de un poco más de 200 años de expectativa, pero con el aumento en la producción (extracción) de carbón, a finales de 2008 la ratio esperada era menor a 150 años, en seis años se aumentó tanto la producción que se disminuyeron 50 años potenciales de consumo.

Lo preocupante es la tendencia, que a medida que avanza el tiempo, parece disminuir constantemente. Un ejemplo fehaciente de este caso lamentable, es la ratio que ostentaba al año 2008 la región de Sur y Centro América, en donde se redujo de 404 a 172 años, en un periodo de seis años.

### 2.3.4. Precios Internacionales del Carbón

Gráfica 10. Precios Mundiales del Carbón.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

Los precios mundiales del carbón de referencia Northwest Europe y Japan Coking Coal, se mantuvieron constantes en 50 US por tonelada, durante el periodo (1991-2004). Pasado este periodo, las alzas en los precios fueron más que significativas. En el año 2008, el precio de referencia Northwest tuvo un incremento de 72.9% en el precio con respecto al 2007, al pasar de 86.90 US a 149.78 US por tonelada de carbón. Más dramático aun es el alza que presentó la referencia Japan Coking, cuyo precio en el mercado se cotizó un 102.9% con respecto al año 2007, en donde su precio de mercado era de 88.24 US por tonelada.

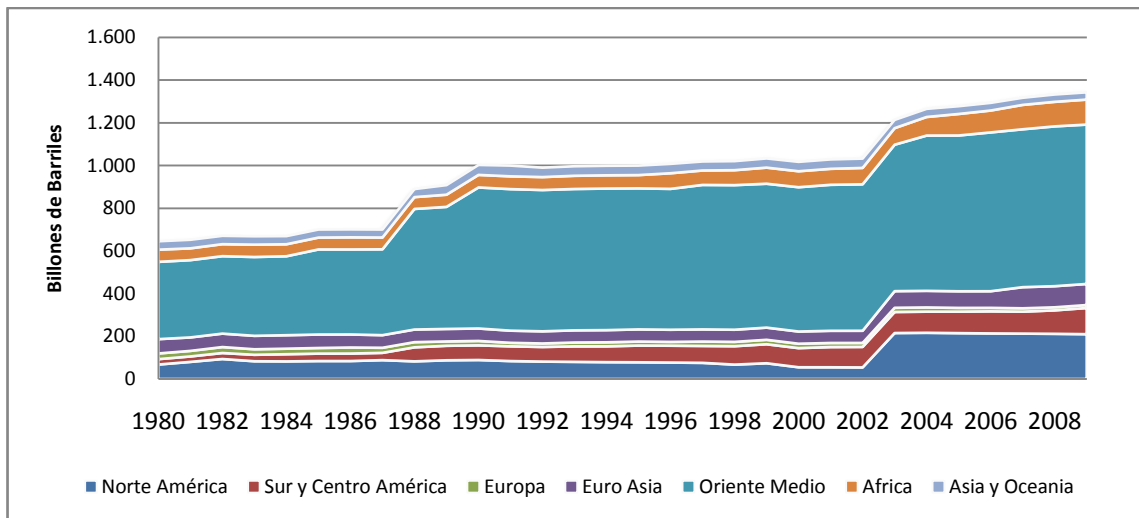
## 2.4. PETRÓLEO

El proceso de la formación del petróleo comenzó hace millones de años, cuando los restos de organismos vivos se acumularon en grandes cantidades. Los sedimentos se fueron haciendo más espesos y se hundieron en el suelo bajo su propio peso.

A medida que se fueron acumulando depósitos adicionales, la acción de determinadas bacterias, la presión sobre enormes masas que aumentaba multiplicándose por miles y el aumento de la temperatura en varios cientos de grados, provocó la formación del llamado oro negro. Su poder, calorífico oscila entre las 9000 y 11000 kcal/kg.

### 2.4.1. Reservas de petróleo en el Mundo

Gráfica 11. Reservas Petrolíferas Mundiales.



Fuente: Energy Information Administration "EIA", (1980-2008)

Según la administración de información energética de Estados Unidos (EIA), las reservas mundiales de petróleo en el año 2009, alcanzaron los 1342 billones de barriles. En el contexto histórico, vale la pena resaltar dos periodos en los cuales las reservas mundiales aumentaron considerablemente.

El primero de ellos ocurrió entre los años (1987-1990), cuando Oriente Medio aumentó sus reservas mundiales en más de 250 billones de barriles, pasando de tener una participación en el total de reservas de 57% al 65% a nivel mundial.

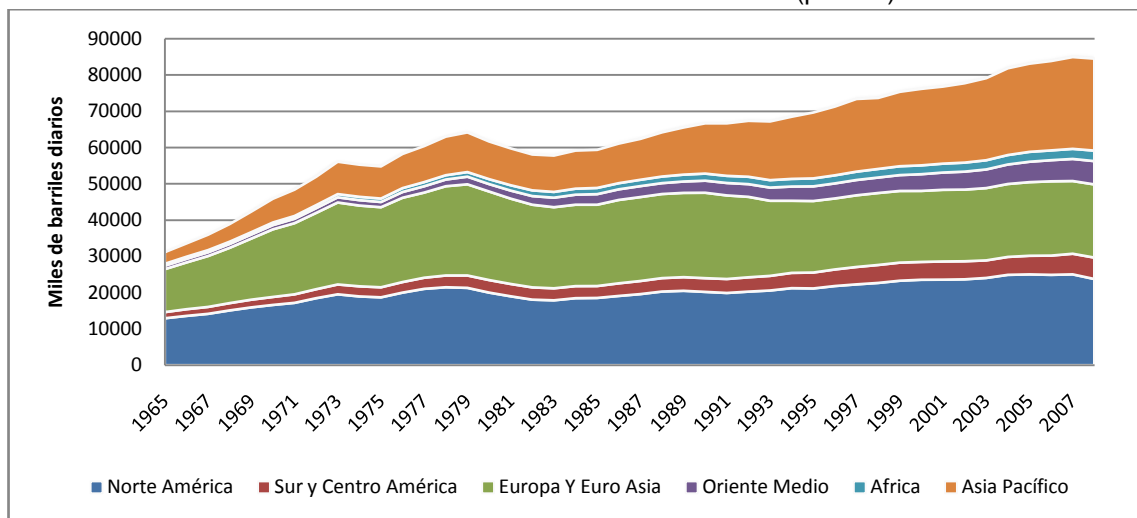
El segundo periodo, es el comprendido entre el año 2002-2004. Allí Norte América paso de poseer 54 a 216 billones de barriles de petróleo en sus reservas, lo que

significo un aumento en el porcentaje de reservas mundiales del 17.1%. Este aumento de reservas de Norte América, se debe casi en su totalidad a la localización de nuevos yacimientos en territorio canadiense.

Sur y Centro América han venido aumentando progresivamente sus reservas año tras año. Con respecto al año 2009, la región poseía 9.14% de las reservas mundiales, situándose en la tercera posición a nivel mundial, siendo sólo superada, por Oriente Medio 55.58% y Norte América con 15.64%.

### 2.4.2. Consumo Mundial de Petróleo

Grafica 12. Consumo Mundial de Petróleo (por día)



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

La tendencia mundial al consumo de petróleo se evidencia desde los inicios del periodo analizado (1965-2007). Solo en los años 1975 y 1983 se registraron descensos considerables en el consumo mundial.

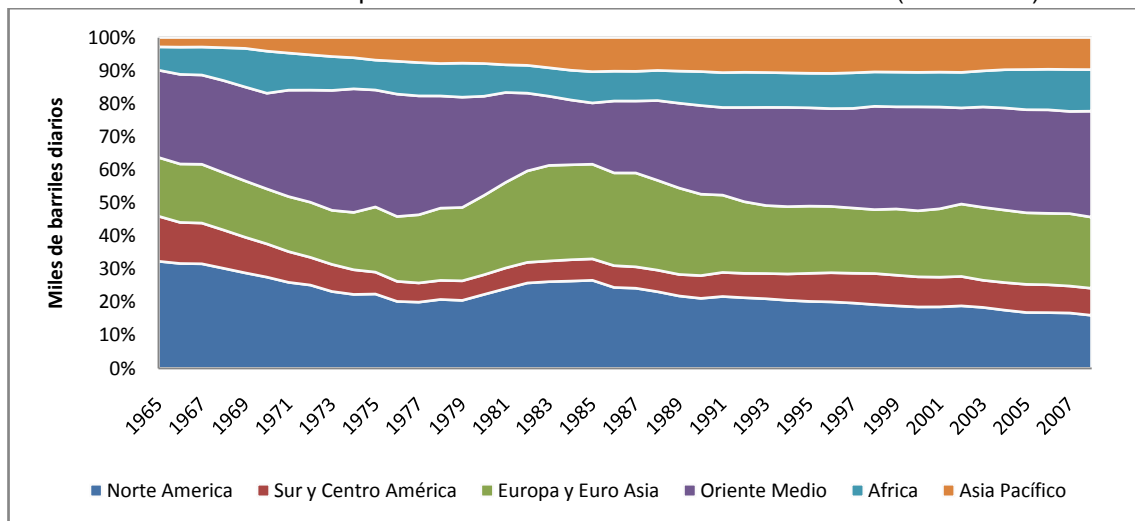
En el año 2008, la humanidad consumió un promedio diario de 84455 millones de barriles de petróleo, reduciendo en un 0.6% el consumo promedio diario que se

había presentado en el año 2007. Esta disminución fue propiciada por la contracción económica de Norte América, siendo ésta la única región que evidencio una tasa de consumo negativa. La región de Oriente Medio presentó un crecimiento en su tasa de consumo del 5.5%, seguida por África con 3.8% y Sur y Centro América con 3.7%.

En cuanto al porcentaje que representan los consumos, Asia Pacífico es la que encabeza la lista con una participación del 30.1%, seguida por Norte América con 27.4% y Europa y Euro Asia con 24.3%. De esto se deduce que estas tres regiones tienen una participación conjunta del 81.8% del consumo mundial, mientras que regiones como África solo participan con el 3.4%.

### 2.4.3. Producción Mundial de Petróleo

Gráfica 13. Participación en la Producción Mundial de Petróleo (1965-2008)



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

La producción mundial diaria de barriles de crudo, ha mantenido la misma tendencia que el consumo mundial “hasta ahora”. En el año 2008, la producción mundial llegó a 81820 millones de barriles diarios aumentando en 0.4% con

respecto al año 2007. De aquí es posible deducir, que el consumo mundial de barriles de petróleo diario está por encima de la producción diaria del mismo. Esto explica por el comportamiento del mercado (oferta-demanda), que los precios del petróleo sean cada vez más altos.

En cuanto a la participación de la producción, Oriente Medio encabeza la lista con un 31.9% del total de la misma, seguido por Euro Asia con 21.7% y Norte América con 15.8%.

## **2.5. ANÁLISIS AL ENTORNO INTERNACIONAL**

Los datos estadísticos acerca de las reservas, producción y consumo, de combustibles fósiles, son determinantes a la hora de analizar la coyuntura económica de los hidrocarburos en el ámbito mundial.

Se observa con excepción del carbón (cuyas reservas aun durarán por un largo periodo de tiempo), que los combustibles fósiles se encuentran cada vez más cerca de llegar a su pico máximo o *peakoil*<sup>41</sup>.

La investigación y publicación de las cifras, especialmente de las reservas de hidrocarburos, siempre han dado lugar a opiniones encontradas entre diversas instituciones políticas y empresariales. Esto se debe a los conflictos de intereses entre instituciones que se ven beneficiadas o perjudicadas por dichos informes.

La Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo-Gas, o sus siglas en ingles (ASPO), es una asociación de profesores y científicos que estudian el comportamiento y su interacción en el mercado de los hidrocarburos y así determinar su posible fecha de declive, dado la finitud de los recursos<sup>42</sup>.

Lo más característico de esta asociación es la adopción de la metodología de King M. Hubbert para el estudio de las reservas petrolíferas y la posterior crítica a los

---

<sup>41</sup> El *peakoil*, es la traducción en ingles de pico del petróleo. Es el término utilizado por las agencias internacionales.

<sup>42</sup> Véase definición en [www.peakoil.net](http://www.peakoil.net)

datos de organismos oficiales como el United States Geological Survey, la Agencia Internacional de la Energía, o la Energy Information Administration del gobierno norteamericano.

### **2.5.1. La curva de Hubbert**

Antes de analizar y contextualizar la llamada curva de Hubbert, es importante hablar de su creador. M. King Hubbert. Nació el 05 de octubre de 1903; en el año 1949 conmocionó al mundo científico al atreverse a decir que la era de los hidrocarburos iba a ser muy corta; en el año de 1956 Hubbert, mientras trabajaba en la Shell Oil Company en Houston, predijo que el cenit<sup>43</sup> del petróleo en Estados Unidos se daría a finales del año 1970.

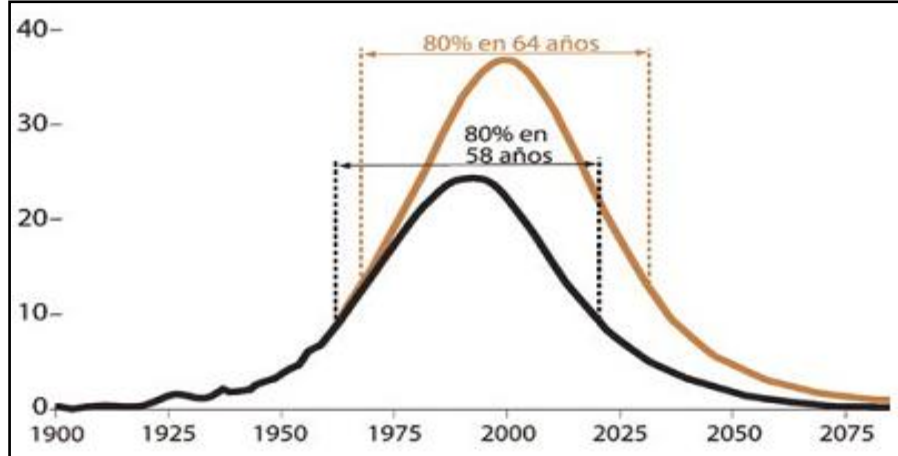
M. King Hubbert demostró que la evolución que experimenta la explotación de cualquier pozo petrolífero sigue una curva en forma de campana o de distribución normal. Por eso hoy se le denomina la “curva de Hubbert”. Antes de la llegada al punto máximo de producción (cresta), los hidrocarburos son de excelente calidad y pueden extraerse fácilmente, pero a medida que pasa el tiempo y se llega al máximo de producción, los costos de producción son cada vez mayores y su calidad disminuye notablemente.

En la siguiente gráfica se puede observar los pronósticos que realizó King M. Hubbert en el año 1971. Allí calculó dos posible escenarios. En la curva de arriba, Hubbert calcula, que siendo las reservas una vez y media más, solo se retrasaría el pico de la producción en ocho años y el tiempo en que la población gastaría en consumir el 80% del total de las reservas aumentaría solo en seis años.

---

<sup>43</sup> Se denomina Cenit del petróleo al punto en donde la producción tiende a disminuir de manera inexorable.

Gráfica 14. Proyección de la Producción Mundial de Petróleo, Hubbert 1971.



Fuente: ASPO, 2004.

### 2.5.2. Geólogos del barril medio vacío

En su gran mayoría este grupo de geólogos hoy hacen parte de la ASPO. Son conocidos también como los geólogos pesimistas, pues controvierten los datos estadísticos, en su mayoría inflados por entidades internacionales y gubernamentales. Entre sus miembros más representativos se encuentra Colin J. Campbell, actual presidente a honor de la asociación.

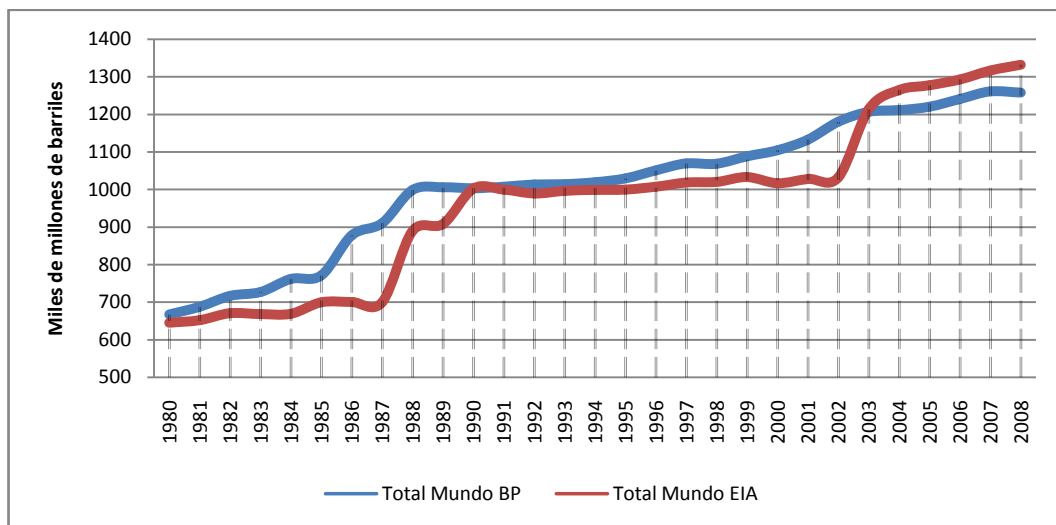
La discusión entre “pesimistas” y “optimistas” sobre las reservas energéticas comenzó en los años 70, entre dos facciones radicalmente contrapuestas: de una parte los neo-malthusianos amparados en “los límites del crecimiento” (The Limits To Growth) publicado por el Club de Roma y por otro lado, los economistas amparados por la teoría clásica que dejaba en las manos invisibles de la economía de mercado, la solución a cualquier clase de escasez en los recursos. Utilizando la metodología de Hubbert y datos obtenidos de la compañía Petroconsultants/IHS, los llamados “pesimistas”, están prediciendo el “oil peak” de la producción mundial para la primera década de este siglo. Aun existen algunas diferencias entre la fecha exacta, pero lo indiscutible es la inevitabilidad de dicha tendencia.

Si hay algo que diferencie a estos geólogos, es la búsqueda de información “técnica”, que en su mayoría consiste en datos estadísticos elaborados por empresas petroleras, los cuales posteriormente son utilizados para decidir futuras inversiones. Estas cifras generalmente son confidenciales y cuestan mucho dinero.

A pesar de las diferencias en cuanto a fechas, existe un punto de encuentro entre los denominados pesimistas y optimistas. El aumento constante del consumo de energía, en este caso del petróleo, conllevará al descenso de la producción mundial de crudo y al fin de la era del petróleo barato.

### 2.5.3. Incongruencias, datos oficiales y de compañías petroleras

Gráfica 15. Reservas de Petróleo EIA vs BP



Fuente: Administración de Información Energética (EIA) y British Petroleum Company BP

La anterior gráfica es una muestra de las múltiples variaciones en las reservas mundiales de petróleo, dependiendo de la agencia que emita los boletines. Vale la pena destacar tres periodos importantes en las cuales se evidencian incongruencias en las reservas se evidencian.

El primero de ellos se presentó en la década de los 80's. Allí la agencia de energía de Estados Unidos (EIA), tiene una notable diferencia con los datos proporcionados por la British Petroleum (BP). Estas diferencias se evidencian en menores reservas para la región de Norte América y en menor porcentaje en Asia Pacífico.

En el segundo periodo (comienzos del año 2000), La agencia Norteamericana registra también valores mínimos a comparación con la BP. Allí se rescatan las diferencias con respecto a las reservas de África, Norte América y Sur y Centro América, en su respectivo orden de importancia.

En el tercer periodo (2003 en adelante), la agencia Norteamérica registra a comparación de la BP, una mayor cantidad de reservas mundiales, llama la atención particularmente que para la BP a comparación de la EIA todas las regiones tienen mayores reservas con la excepción de Norte América. Hoy en día la EIA, reporta mayores reservas al registrar un aumento impresionante en Canadá, que en su mayoría corresponden a arenas asfálticas.

#### **2.5.4. Manipulación de las reservas Energéticas**

La coyuntura alrededor de las reservas energéticas, es sin duda, un tema controversial y difícil de entender por la gran variedad de fuentes, que son las que se encargan de aportar los datos. Los orígenes y las presentaciones se llevan a cabo dependiendo de los intereses políticos y económicos que rodean a grandes grupos en la economía.

No obstante, es usual que los medios de comunicación, a pesar de la gran variedad de datos, presenten siempre los más optimistas y alentadores. Dichos indicadores generan cierta tranquilidad momentánea, que podría conducir a nuevas burbujas especulativas, en este caso sobre las reservas energéticas.

En el año 1998, la Agencia Internacional de Energía (AIE), adoptó la metodología de Hubbert por primera vez. Aunque para sus cálculos partió de una generosa estimación de 2300 GB (Giga barriles, o mil millones de barriles), sus datos hablan por primera vez de una llegada a la cumbre de la producción para el 2015. En el año 2000 la AIE cambió de nuevo su metodología, dando una nueva fecha para la cumbre en la producción en el año 2020.

Sin embargo con respecto al tipo de manipulación de los datos, hay que decir que ésta puede variar en dos formas; la primera de ella es por omisión o agregación de reservas o producciones inexistentes, mientras que la segunda consiste en la forma de contabilidad, en el caso de energéticos de baja productividad.

No es lo mismo (en términos de coste de extracción, refinamiento y calidad energética intrínseca), el petróleo convencional, que el petróleo no convencional. Por ejemplo las arenas asfálticas canadienses o la denominada “orino emulsión” del Orinoco venezolano. Muy a menudo, y dependiendo del interés de cada actor, este tipo de reservas se mezclan sin ningún criterio. Las compañías privadas también contribuyen a esta manipulación, con el propósito de aumentar su valor y rendimiento financiero<sup>44</sup>.

La Securities Exchange Commission, impuso normas severas para el reporte de las reservas, en donde sólo se puede informar de las probadas. Esta medida contable ha sido aprovechada por las compañías petrolíferas para reportar estimaciones de reservas muy por debajo de las reales y de esta manera, año tras año, justificar un alza, permitiéndoles aumentar su valor financiero, demostrando que son capaces de ampliar sus reservas a pesar de la continua extracción<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Respuestas a los retos energéticos del siglo XXI, Aspo España; Véase en: [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org)

<sup>45</sup> *Ibíd.*

### **2.5.5. La Geopolítica Internacional**

Las guerras del siglo XX han sido motivadas en gran medida por el control de petróleo. Las perdieron aquellos países que no pudieron asegurar un flujo suficiente del mismo, como fue el caso de Alemania en las dos guerras mundiales y de Japón en la segunda<sup>46</sup>.

El FMI está muy preocupado por la repercusión que el precio del petróleo puede tener en el crecimiento mundial. Dicho precio, junto con los tipos de interés, son las dos principales variables de la economía capitalista internacional, y a su vez se interrelacionan estrechamente.

Rusia, atendiendo la petición expresa del FMI de garantizar el suministro energético global, se ha ofrecido en la cumbre del G-8 (actuando de país anfitrión), como el eslabón crucial que permitirá el abastecimiento mundial, sorteando (por el momento) las incertidumbres ocasionadas por el cartel de la OPEP. Rusia ha recobrado, en los últimos tiempos, una extraviada importancia económica y geoestratégica, basando su nueva fuerza en la extracción y control de los abundantes recursos de crudo y de gas de su inmensa geografía.

Los Estados Unidos, por ser la economía más fuerte del planeta, siempre han jugado un papel activo en la geopolítica internacional. El caso más reciente fue la participación de dicho país en la invasión a Irak, guerra que fue desaprobada por las Naciones Unidas y demás países. En principio, la guerra se justificó dado los hechos del 11 de Septiembre, Estados Unidos argumentó la tenencia y fabricación por parte de Irak, de armas de destrucción masiva, que después de la guerra nunca aparecieron. Estos hechos fueron levemente condenados por la comunidad internacional y abrió definitivamente la posibilidad de la invasión con fines energéticos.

---

<sup>46</sup> GOMEZ De segura, Roberto; El fin de la era de los combustibles fósiles. Sus consecuencias, España 2007.

Para comprender el alcance de las intervenciones geopolíticas, a continuación se nombran algunos casos que ejemplifican dicha afirmación:

Tabla 1. Conflictos propiciados por intereses energéticos (Petróleo).

Estado o Región	Situación Geopolítica	Interesados políticos
Angola	Guerra civil, Movimiento Popular para la Liberación de Angola Vs UNITAS (organización guerrillera)	U.R.S.S, Cuba y Bloque del este de Europa - Suráfrica y Estados Unidos
Argelia	dominio de ricos yacimientos de hidrocarburos	Francia
República Democrática del Congo- Ex Zaire	Largas dictaduras apoyadas por potencias mundiales y creaciones de facciones guerrilleras para controlar los recursos naturales.	Estados Unidos, Francia
Nigeria	Explotaciones petrolíferas en el delta del río Níger	Estados Unidos
Sudán	Guerras civiles	Intereses internos, Canadá, China y Malasia
Afganistán	Lucha por el control de grandes reservas de Hidrocarburos.	Potencias Industrializadas
Chechenia	Hegemonía por ser un corredor estratégico para el transporte de Hidrocarburos.	Rusia
Georgia	Presiones e inestabilidades políticas, mediante el corte de suministros energéticos.	Rusia
Kosovo	Control de reservas de petróleo	Estados Unidos
Macedonia	lucha "Humanitaria y Militar" frente a la aparición de insurgentes	Estados Unidos
Paraguay	Guerra del Chaco. Pérdida de buena parte de territorio, rica en hidrocarburos	Perú y Ecuador
Guatemala	Guerra civil en le década de los 80's	Multinacionales vs Grupos Indígenas
Islas Malvinas	Control y soberanía sobre las islas, que poseen reservas de hidrocarburos	Inglaterra vs Argentina

Fuente: Elaborado por los autores

Se reconoce pues, la importancia de los hidrocarburos y en especial del petróleo. Además, son incuestionables los intereses geopolíticos, en especial de las súper potencias, en búsqueda de garantizar la oferta de combustibles fósiles. La lucha por la obtención de recursos fósiles ha venido empleado todo tipo de violencia: militar, amenazas, represión a etnias y derrocamientos de gobiernos, etc. Es este el panorama que se nos vislumbra a futuro por la dependencia extrema de nuestras economías a los combustibles de tipo fósil.

#### **2.5.6. El fin de la era de los combustibles fósiles**

La energía ha sido determinante en la supervivencia de todas las civilizaciones. El desarrollo de nuestra era moderna ocurrió gracias a la implementación de procesos industriales impulsados por la quema de combustibles de origen fósil, especialmente el petróleo, ya que éste posee una alta densidad energética y es de fácil manipulación respecto a otros hidrocarburos.

La discusión acerca de la era de los combustibles fósiles, ha pasado de la aceptabilidad de dicha teoría, a la discusión de la fecha en la que ocurrirá el pico o cumbre de la producción del petróleo. Ya se ha documentado la discusión entre optimistas y pesimistas, y el año promedio de referencia es 2020. Esto indica que nuestra civilización será testigo de este acontecimiento que cambiará la historia de la humanidad en dos. Después del pico del petróleo, dada las circunstancias del mercado, el gas natural incrementara su participación en la economía mundial, siendo éste fósil, el próximo en la mira del consumismo desaforado.

De cualquier forma, el “pico del petróleo” será tan solo el primer aviso, pero vendrá el “pico del gas”, probablemente unos veinte años después, o tal vez

menos. Todo depende de su velocidad de extracción, que se puede ver intensificada, como resultado del progresivo agotamiento del petróleo<sup>47</sup>.

Los techos del petróleo y del gas natural supondrán el colapso de la civilización actual. Un estudio del departamento de energía de Estados Unidos llegó a la conclusión, que la sustitución de la gasolina por otros combustibles necesitará al menos 20 años.

El futuro de nuestra civilización depende de las decisiones que adopten los principales estados. Las posibilidades de elección son limitadas. Por un lado está el seguir garantizando “a cualquier costo” el suministro de los últimos recursos fósiles, colocando en peligro la estabilidad de las regiones y atenuando aún más, el problema del cambio climático. La otra posibilidad es el trabajo mancomunado, especialmente entre los estados más poderosos, para la implementación de nuevas tecnologías agradables con la tierra, que aprovechen el flujo de energía solar que nos brinda la misma naturaleza y que rompa de una vez por todo el paradigma energético mundial.

Esta segunda alternativa debe basarse en energías renovables (principalmente solar y derivadas), con estructuras sociales, productivas, autónomas y descentralizadas. Será sin duda menos urbanizado, menos interdependiente, menos industrializado, seguramente menos poblado y con un mundo rural vivo<sup>48</sup>.

---

<sup>47</sup> FERNANDEZ, Ramón; El inicio del fin de la era de los combustibles fósiles, Ecologistas en acción, España, 2006.

<sup>48</sup> *Ibíd.*

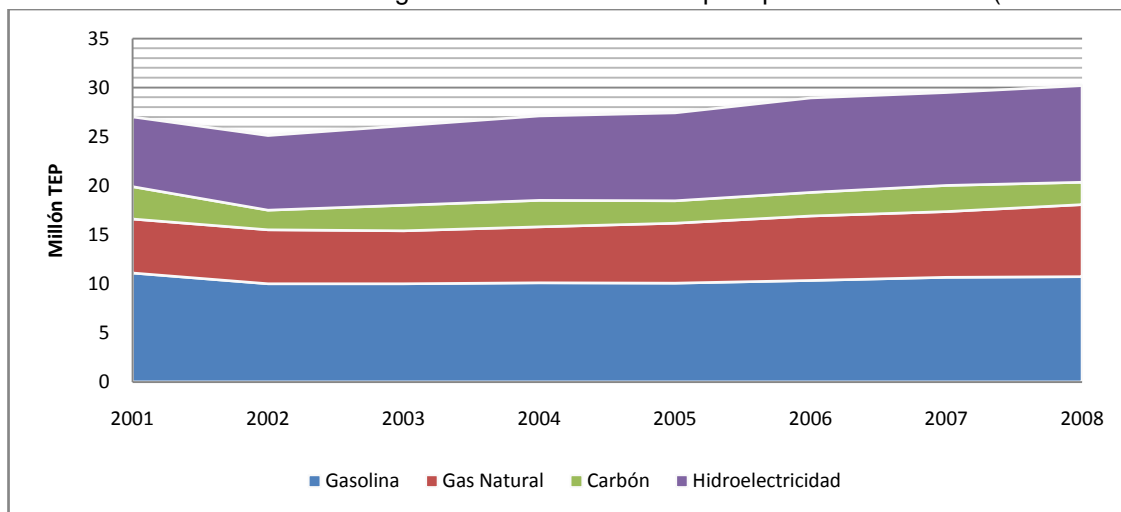
## 2.6. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN COLOMBIA

### 2.6.1. Consumo de energía en Colombia

Durante el periodo de estudio (2000-2008), el consumo energético en Colombia ha mantenido una tendencia alta, con excepción del año 2002, cuando presentó un descenso en el consumo de 6.3% con respecto al año anterior. En el año 2003 y 2006, se presentaron las mayores alzas en las variaciones porcentuales de consumo de energía, con una participación de 3.4% y 5.5% respectivamente. En el año 2008, el país pasó la barrera de consumo de los 30 millones de toneladas equivalentes a petróleo (TEP), y se proyecta que a finales del año 2030, el consumo final aumentara en más de 35 millones de toneladas.

Es indispensable en el análisis del consumo energético, diferenciar las diversas fuentes que proveen energía. Para el caso colombiano las más representativas son: la gasolina, el gas natural, el carbón y la hidroelectricidad. Esta diferenciación permite analizar con mayor precisión los efectos económicos, ecológicos y ambientales del componente energético nacional.

Gráfica 16. Consumo de Energía Primaria en Colombia por tipo de Combustible (2001-2008).



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

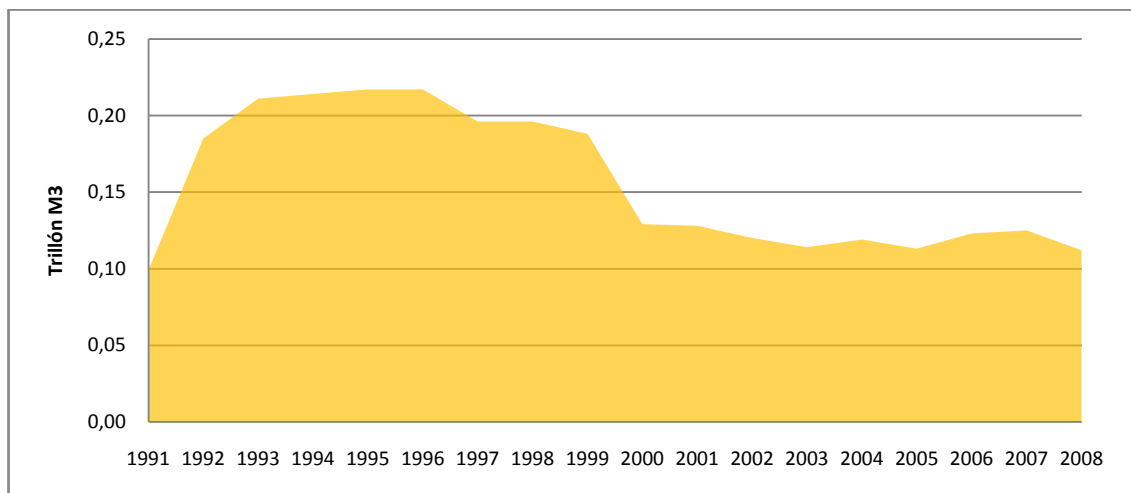
En cuanto a la tendencia del consumo energético en el periodo estudiado, se puede deducir que es creciente, con la excepción del año 2002, en donde el consumo Nacional de energía disminuyó un 6.3% con respecto al año 2001. Esta disminución del consumo de energía nacional, fue jalonada especialmente por la caída en el consumo de carbón, el cual disminuyó en un 34.4% con respecto al año anterior y con la caída en el consumo de petróleo, el cual disminuyó en 9.9%. En cuanto a los tipos de combustibles, la hidroelectricidad que es considerada como energía renovable, ha tenido significativos aumentos; en el año 2008, comparte el primer lugar de consumo de energía con el petróleo, aunque este último aporta un 35,5% del total de la energía consumida. La hidroelectricidad ocupa una importante participación en el ámbito nacional con un 32.6% del total de la energía.

El carbón ha mantenido constante su participación en el consumo de energía, en el año 2008 obtuvo un 7.8% de generación energética; el gas natural como lo decíamos antes, viene escalando y ganando terreno en la generación energética.

## 2.6.2. Gas Natural en Colombia

### 2.6.2.1. Reservas de Gas Natural en Colombia

Gráfica 17. Reservas de Gas Natural en Colombia.



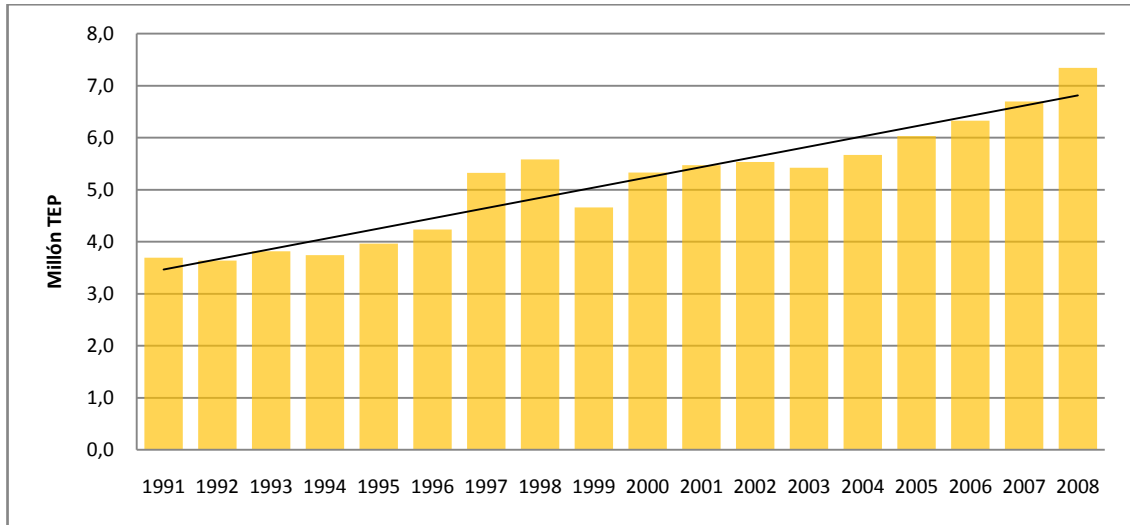
Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

Las reservas de gas natural en nuestro país, comenzaron a descender drásticamente a partir del año de 1997. Antes de esta fecha, la participación de Colombia en las reservas mundiales era del 0.16%, pero el aumento en el consumo y las nuevas aplicaciones en la industria y siderúrgica, han disminuido constantemente las reservas con las que cuenta el país.

En el último año del periodo estudiado (2007-2008), Colombia evidencio una disminución en las reservas del 10.4%. Además, en cuanto a la participación de las reservas mundiales, Colombia representa el 0.06% del total. Vale la pena decir que las reservas del año 2008, eran similares a las que poseía el país en el periodo entre 1991-1992.

### 2.6.2.2. Consumo de Gas Natural en Colombia

Gráfica 18. Consumo de Gas Natural en Colombia, (1991-2008)



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

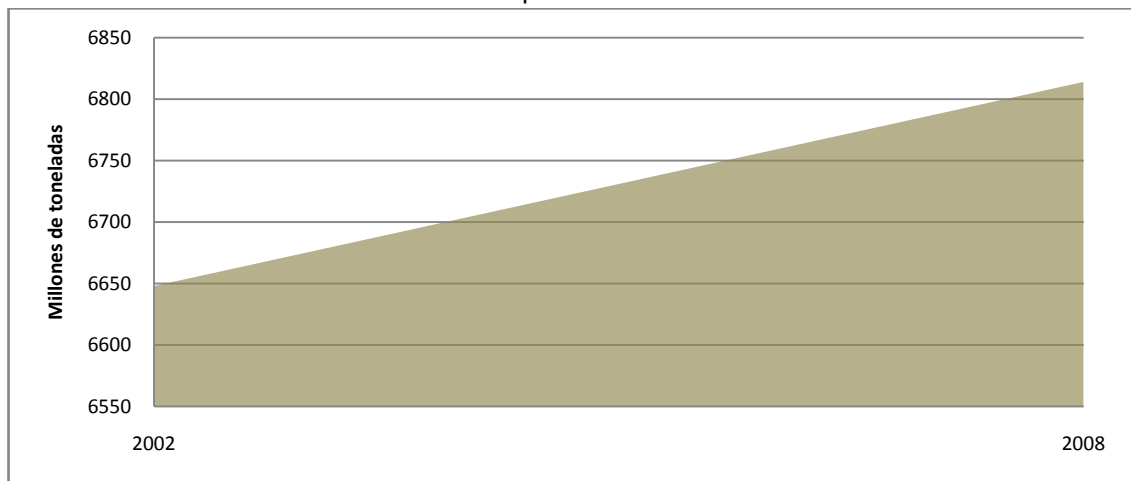
El aumento del consumo de gas natural en Colombia se ha mantenido constante a lo largo de los años. Para destacar se evidencian variaciones significativas en dos

periodos: el primero comprendido entre los años (1997-1998), en donde el consumo se disparó y estuvo por encima del promedio histórico; el otro periodo es el año 2008, en donde el consumo aumentó, llegando a 7.3 millones de TEP, causando un aumento con respecto al año anterior del 9.3%.

### 2.6.3. CARBÓN EN COLOMBIA

#### 2.6.3.1. Reservas de Carbón en Colombia

Gráfica 19. Reservas probadas de Carbón en Colombia



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

Las reservas de Carbón en Colombia han aumentado paulatinamente en el periodo estudiado. En el 2002, Colombia contaba con 6648 millones de toneladas de los cuales el 94% era antracita bituminoso y el restante era lignito. Para el año 2002, se estimaba un ratio entre reservas y producción que aseguraba un abastecimiento de 168 años a ese nivel de producción.

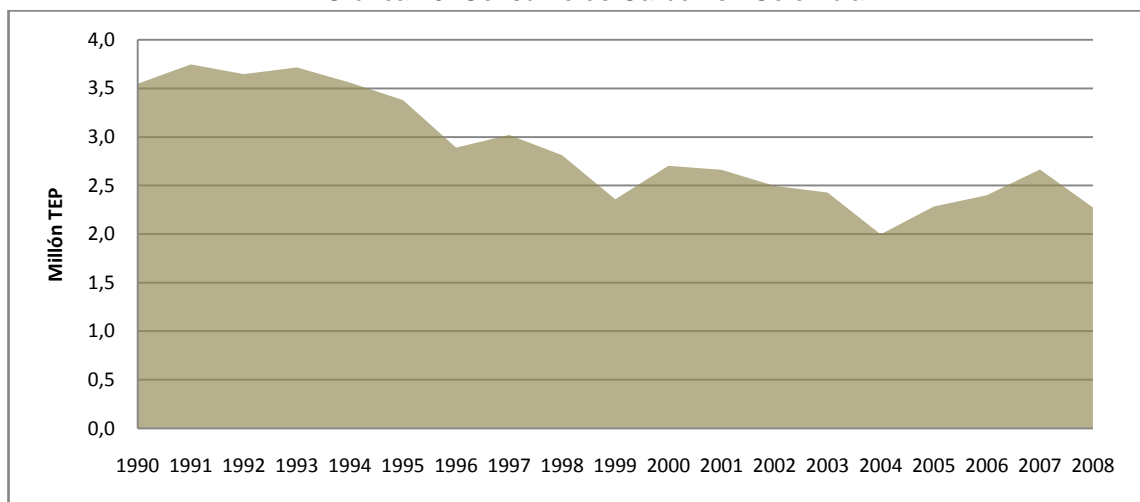
En el año 2008, la producción de carbón aumentó considerablemente, no obstante las reservas también lo hicieron, acumulando 6814 millones de toneladas (MT). Vale la pena decir que el porcentaje de reservas aumentó en menor medida que la producción en el mismo periodo.

A pesar del ascenso (no muy significativo), la preocupación radica en la reducción de la ratio de reservas para el año 2008. Esto se debe al aumento en mayores proporciones de la producción de carbón, situando en 93 años la expectativa de abastecimiento de carbón manteniendo constante la producción.

Si bien las reservas de carbón han aumentado, también lo ha hecho su explotación. Lo grave consiste en la reducción de la ratio de abastecimiento en 70 años durante el periodo de estudio. Quizás en el corto plazo el carbón no cause pánico como si lo hace agotamiento del petróleo, pero si continúan dichas tendencias, en media década se comenzarán a experimentar desabastecimiento de carbón en nuestro país.

### 2.6.3.2. Consumo de Carbón en Colombia

Gráfica 20. Consumo de Carbón en Colombia



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

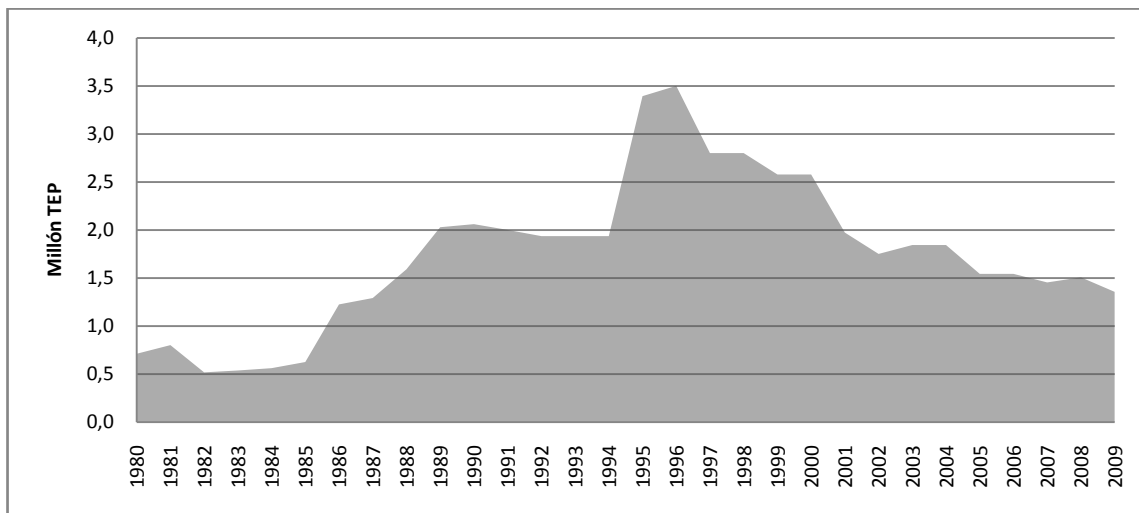
Desde el inicio del periodo de referencia, la tendencia del consumo de carbón en nuestro país ha disminuido. En 1990, se consumía alrededor de 3.5 millones de TEP, mientras que en el 2008 el consumo fue de 2.3 millones. Esto indica de alguna forma, la sustitución del carbón por otros tipos de energía en nuestro país. Se observa que tanto la producción como las reservas han aumentado y, por otro se presenta una reducción sustancial en el consumo del mismo. Esto indica, que

gran parte del carbón extraído es exportado hacia otras latitudes, siendo esto, un factor importante en la economía de nuestra nación.

## 2.6.4. CADENA DE PETRÓLEO EN COLOMBIA

### 2.6.4.1. Reservas de petróleo en Colombia

Gráfica 21. Reservas de Petróleo en Colombia

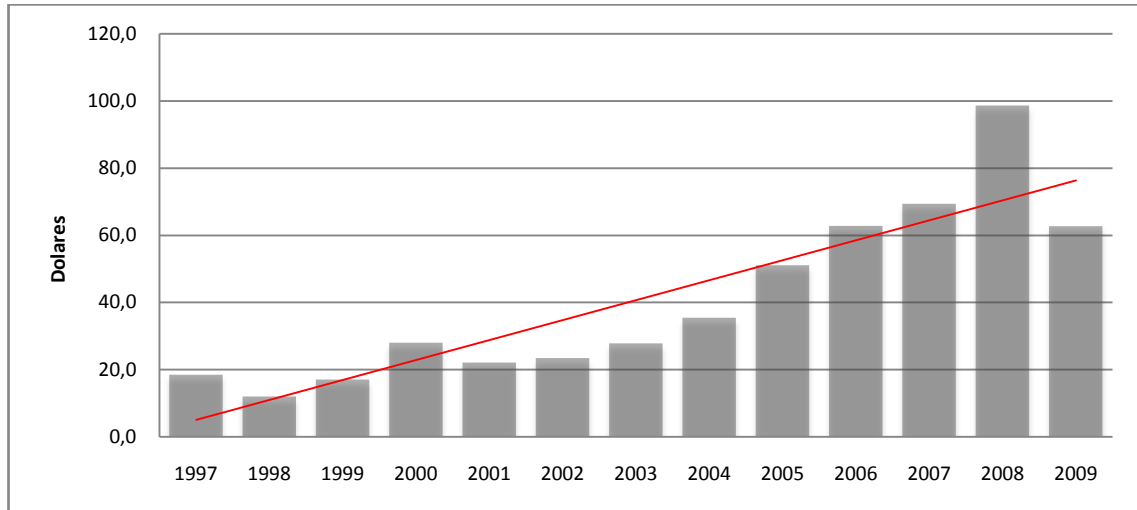


Fuente: Energy Information Administration "EIA", (1980-2009)

El comportamiento de las reservas de petróleo en Colombia, tiene cierta similitud con una curva de distribución normal. En el año de 1997, Colombia poseía las reservas más grandes de su historia, con un estimado de 2,8 billones de barriles de petróleo. En ese año, Colombia tenía una participación en las reservas mundiales del 0.27%. Para el año 2009, las reservas de Colombia descendieron a 1,355 billones de barriles y su participación en el total de las reservas mundiales cayó a un 0.1%.

### 2.6.4.2. Precio Promedio, Barril de petróleo en Colombia

Gráfica 22. Precio Promedio Anual Barril de Petróleo, referencia Caño Limón (Colombia)



Fuente: Energy Information Administration "EIA", (2000-2007)

En el mercado de hidrocarburos, se manejan diversas referencias de precios para los barriles de crudo. En nuestro caso, tomamos el precio referente a Caño Limón, oleoducto que se ubica en la planicie oriental colombiana.

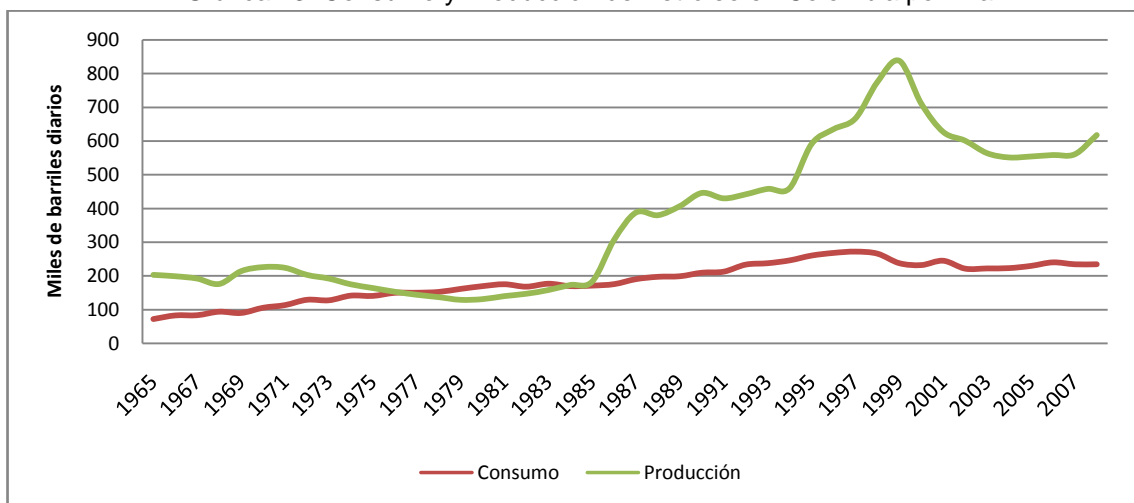
Entre los años 1997 y 2002, se había mantenido un precio promedio de unos 20 dólares por barril, pero a inicios del año 2005, el precio promedio anual se disparó a más de 51 dólares. Desde esa fecha, el precio del crudo creció a tasas exorbitantes, siendo su pico en el 2008, en donde el promedio rondó los 100 dólares por barril.

En el mes de julio del año 2008, el precio del barril de petróleo se cotizó en su nivel más alto, alcanzando la suma de 144.41 dólares. Dada esta alza en los precios y la contracción económica de Norte Americana, la economía mundial tambaleó. Esto provocó la desaceleración de las grandes potencias, lo que influyó drásticamente en la baja de los precios del crudo, volviendo a niveles de precios presentados en el 2005.

Por otra parte, a causa de las medidas de choque tomadas por las grandes economías y su constante recuperación, el precio del crudo también se ha ido recuperando lenta pero progresivamente. En el último año ha logrado una recuperación de más del 80% y a finales del 2009, ya se ubicaba en promedio a 80 dólares el barril.

### 2.6.4.3. Consumo y producción de petróleo en Colombia

Gráfica 23. Consumo y Producción de Petróleo en Colombia por Día.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

El consumo de petróleo en Colombia ha mantenido una tendencia de crecimiento. En el año 1997 se dio el punto más alto de consumo en nuestro país, esta fecha coincide con el boom petrolero que por ese año beneficio a Colombia. Sin embargo, dentro del periodo de estudio, se vislumbran básicamente dos descensos importantes en el consumo de crudo. El primero ocurrió entre los años 1998-1999. En aquella época, de por si nefasta para la economía nacional, Colombia sufrió una contracción histórica. El otro punto álgido se dio a partir del año 2001, en donde el consumo comenzó a disminuir por los altos precios de los hidrocarburos.

La producción en Colombia se ha caracterizado por altibajos. Hasta antes de 1985 el promedio no alcanzaba los 200 mil barriles diarios, pero después de esta fecha, la producción aumentó en más del 100%, gracias a la llegada de nueva tecnología y exploraciones del sub suelo.

En el año 1999, se alcanzó el pico de la producción (refinación) de petróleo en Colombia. En dicho año, se producían 838 mil barriles por día, esto representaba el 1.16% del total de la producción mundial. En el año 2008 Colombia produce un total de 234 mil barriles por día, lo que equivale al 0.28% del total del mundial.

## **2.7. PÉRDIDA DE AUTOSUFICIENCIA PETROLERA**

### **2.7.1. El futuro de la autosuficiencia petrolera de Colombia**

El hablar del tema de la autosuficiencia petrolera en Colombia no es fácil. Es un tema que debe tratarse con prudencia, debido a la fluctuación de los precios internacionales, además de los descubrimientos de yacimientos o nuevas reservas.

Sin embargo, aún no se tiene claridad acerca de que es en realidad la pérdida de la autosuficiencia petrolera y que repercusiones tendría. A continuación una breve explicación con base en las propias proyecciones de Ecopetrol.<sup>49</sup>

#### **Que es y cuando deja de existir la auto suficiencia petrolera**

Primero se debe considerar que el concepto depende de la cantidad del petróleo que se produce, se consume y del destino final. Además, la disponibilidad y capacidad que tiene para concebir recursos financieros y fiscales. De esta manera surgen tres enfoques diferentes.

---

<sup>49</sup> Basado en el informe la situación de las finanzas del estado y cuenta general del presupuesto y del tesoro 2004 CGR, pág. 44-54.

**La autosuficiencia de Ecopetrol.** La empresa debe tener el suficiente volumen de cantidad para atender los requerimientos nacionales.

**La autosuficiencia de la Nación.** Se debe tener en cuenta el crudo que pertenece a la nación más las regalías, y eso compararlo con la demanda que se da en las refinerías de Ecopetrol para mirar la eficiencia.

**La autosuficiencia del País.** Es la posibilidad de que el crudo que es producido en Ecopetrol o sector privado, pueda abastecer la carga de las refinerías.

La autosuficiencia petrolera de Ecopetrol se terminó entre los años 2000 y 2001. A partir del 2002 Ecopetrol se vio limitado a abastecer su demanda con crudo procedente de regalías.

En cuanto a la autosuficiencia de la nación, el punto de equilibrio entre oferta y demanda coincide precisamente en el año 2010. Esto quiere decir que se llegó al final de la autosuficiencia y por consiguiente el crudo que se produce no sería suficiente para que las refinerías trabajaran en su capacidad óptima.<sup>50</sup>

En resumen, según las condiciones actuales de la oferta nacional de crudo, a partir del 2011 comenzará a ser inferior el volumen de carga de las refinerías. Esto conllevará a la pérdida de autosuficiencia petrolera del país.

### **2.7.2. Cambios estructurales**

En 1994 se introdujo el denominado Factor R, para modificar la participación de Ecopetrol y de las compañías asociadas, teniendo en cuenta los ingresos y egresos de los proyectos. En 1995, Ecopetrol empezó a participar con capital de riesgo. Incluso se reconocieron costos de pozos exploratorios que resultaron secos<sup>51</sup>.

---

<sup>50</sup> Según los últimos reportes de Ecopetrol, esta fecha se amplió en 10 años, gracias a nuevas exploraciones.

<sup>51</sup> FLOREZ, Luis. El futuro de la autosuficiencia petrolera en Colombia, Revista economía colombiana, 2005.

En 1999 se cambió el esquema previamente existente de regalías fijas del 20%, a regalías escalonadas que varían del 8% al 25%. Se creó, la Agencia Nacional de Hidrocarburos para conferirle, entre otras, las funciones de regulación del sector y dedicar a Ecopetrol, las funciones propias de una compañía petrolera.

### **2.7.3. Efectos Macroeconómicos de la pérdida de autosuficiencia**

Realizar los estimativos de lo que dejaría de percibir Ecopetrol por el agotamiento paulatino de sus volúmenes y el aumento de sus gastos en importaciones, implica un amplio margen de variación, debido a las múltiples proyecciones que se tienen en torno al precio del crudo en el mercado internacional.

La pérdida de autosuficiencia tiene tres impactos negativos de carácter macroeconómico: sobre el crecimiento del PIB, sobre la balanza de pagos y sobre la situación fiscal.

#### **2.7.3.1. Efectos sobre el producto interno bruto**

Uno de los componentes del producto interno bruto es el saldo neto del sector externo, o lo que se conoce como la balanza comercial. Casi el 35% de las exportaciones colombianas se le deben al petróleo y sus derivados. Una pérdida de autosuficiencia petrolera sería catastrófica para el país, ya que se vería obligado a recuperar dichos rubros con otros componentes como el consumo o la inversión, esto tomaría años y políticas fuertemente estructuradas.

#### **2.7.3.2. Efectos sobre la balanza de pagos**

La balanza de pagos es un registro que se realiza permanentemente de las diferentes transacciones que realiza un país con el resto del mundo en un periodo determinado, esta cuenta de los siguientes elementos básicos: la cuenta corriente, que a su vez consta de la balanza comercial y la cuenta de capitales.

Una pérdida de la autosuficiencia petrolera, llevaría a un déficit en la balanza comercial ya que, hoy por hoy, el petróleo es el bien de exportación que más genera dividendos a la nación. Este efecto traería una repercusión negativa en la balanza de pagos.

### **2.7.3.3. Efectos sobre la situación fiscal**

Los ingresos de Ecopetrol han aumentado durante los últimos años, esto ha permitido al país tener cierta solvencia en la asignación de transferencias a regiones pobres y marginales. De las regalías petroleras depende en gran parte el futuro fiscal de nuestro país, una pérdida de autosuficiencia petrolera sería caótica. Además, gran parte de los recursos del gobierno central se verían afectados a causa de la dependencia de los ingresos petroleros para el manejo de dicho estamento.

### 3. EFECTOS AMBIENTALES POR LA QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES

*“Toda la historia económica prueba indiscutiblemente que la naturaleza desempeña un papel preponderante en el proceso económico y en la formación de valor económico”.*

NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN<sup>52</sup>

#### 3.1. INDICADORES PARA MEDIR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Existen diversos indicadores que sirven para medir el calentamiento global provocado por el gas efecto invernadero (GEI) y el cambio gradual de temperatura, estos son los indicadores más utilizados en los principales países.<sup>53</sup>

**Emisión nacional bruta de GEI:** corresponde a la suma de las emisiones de gases invernaderos producidos por combustión de combustibles fósiles, minería del carbón, actividades relacionadas con el gas y el petróleo, procesos industriales, agricultura, manejo de residuos.

**Emisión nacional neta de GEI:** corresponde a la emisión bruta de gas invernadero, menos la cantidad del mismo que se pueda atrapar mediante algún proceso.

---

<sup>52</sup> GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. “La ley de la entropía y el problema económico”. En: Economía, ecología, ética. México: Fondo de Cultura Económica, 1989 p 63.

<sup>53</sup> [www.caleglobaltierra.wikidot.com/indicadores](http://www.caleglobaltierra.wikidot.com/indicadores)

**Emisión o captura de  $CO_2$  por cambio en el uso de la tierra y silvicultura:** se obtiene por recuperación natural y/o entrópica (esto es por cambios en stocks de biomasa maderera), y por abandono de tierras manejadas.

**Emisión de  $CO_2$  por módulo del inventario:** se propone un indicador relacionado con las emisiones nacionales de  $CO_2$  por módulo (por ser éste el GEI que se emite en mayor cantidad, de aproximadamente un 75 %).

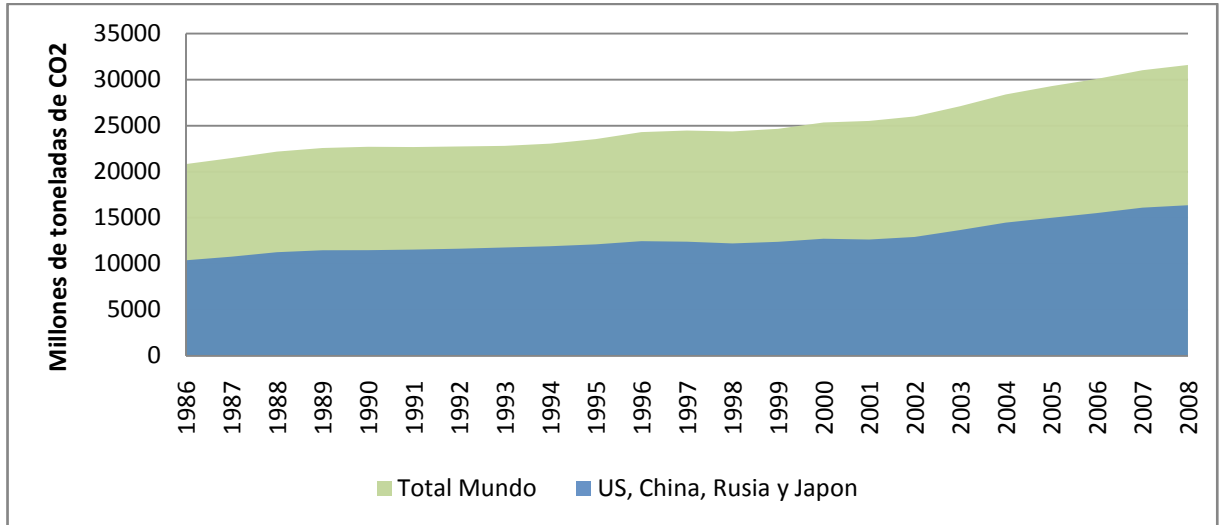
**Emisión de  $CO_2$  por sector económico en el módulo de energía:** en la emisión de  $CO_2$ , el módulo con mayor participación es el energético. Por lo que se propone un indicador relacionado con la contribución de los principales sectores económicos, a la generación de  $CO_2$  en el módulo de energía

**Potencial de calentamiento global:** provee una medida simple de los efectos radiactivos relativos de las emisiones de varios GEI. Se obtiene como el producto de las emisiones de cada uno de los GEI y el potencial de calentamiento de cada uno en un horizonte de 100 años.

**Indicadores de calidad del aire:** están relacionados con la concentración de los GEI ( $CO_2, CH_4, N_{20}$ , etc.) en algunas de las estaciones de referencia a nivel mundial, además de otros gases relacionados ( $CO, NOX, SO_2$ , etc.).

A continuación se muestra gráficamente los países que más aportan a la contaminación, con dióxido de carbono.

Gráfica 24. Emisiones mundiales de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y países que más aportan.



Fuente: British Petroleum Company.

Las emisiones mundiales de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en el año de 1986 se situaron en más de 20 mil MT. En el año 2008 dicha cifra se incremento en 51.7%, superando la barrera de los 30 mil MT. Desde el inicio del periodo de estudio, es claro que países industrializados como Estados Unidos, Rusia, China y Japón, han aportado alrededor del 50% del total de las emisiones mundiales.

En el año 2008, dicho aporte supero la mediana mundial y se ubico en un deshonoroso 51.8%. En cuanto al incremento en el último año, la cuarteta de países tuvieron un incremento similar al promedio general, situándose en 1.6%.

### 3.2. CAMBIOS OBSERVADOS EN LOS ECOSISTEMAS

#### 3.2.1. El clima

Desde los tiempos preindustriales, las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero sin duda aumentaron, gracias a las actividades humanas. En la década del los 90's, comenzaron a registrarse niveles muy altos de estos gases y las cifras siguen subiendo en la actualidad.

El clima de la tierra está cambiando constantemente. Las capas de hielo marino, las olas de calor intensas en algunas latitudes, las precipitaciones airadas y la temperatura global, son algunos de los factores que inciden en el cambio climático mundial.

Este fenómeno de cambio climático se ha derivado principalmente por las altas concentraciones de gases de efecto invernadero, como lo son el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el gas metano ( $CH_4$ ) y algunos otros componentes como los clorofluorocarbonos (CFC).

Los sectores que se encuentran altamente implicados en el aumento de estos gases que destruyen la capa de ozono y generan el efecto invernadero, son: productos de la industria química, la ganadería intensiva y las emisiones producto de la quema de combustibles fosiles.

### **3.2.2. Cambios en las capas de hielo**

Es muy probable que la capa de hielo en el hemisferio Norte haya disminuido en promedio un 10% a partir del año 1960. Este cambio se debe a una serie de hechos particulares, entre los cuales están las variaciones de las estaciones climáticas.

Cuando se habla de deshielo, necesariamente se viene a la mente el aumento en el nivel de mares y de ríos. Según estudios realizados por el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, durante el siglo XX el nivel del mar aumento entre 1 y 2 mm. Para ellos es muy probable que este aumento en los niveles del mar, se deba al calentamiento global, propiciando la expansión térmica del agua, que produjo la perdida de hielo polar.

### **3.2.3. Cambios observados en la temperatura y en las precipitaciones**

Durante el siglo XX, la temperatura promedio de la tierra ha aumentado aproximadamente en 0.6C y es probable que este aumento se deba a la emisión de gases de efecto invernadero que atrapan la radiación infrarroja, e impiden su paso hacia el espacio exterior.

La temperatura marina también ha experimentado aumentos, lo que distorsiona los flujos de aguas cálidas y frías a lo largo de los océanos, contribuyendo así a que cambien los factores climáticos.

Por otro lado, las precipitaciones han aumentado entre 5 y 10%, sin embargo se estima que han disminuido en un 3% en las áreas tropicales y subtropicales. Estos cambios repentinos en las precipitaciones se deben en gran parte al aumento de la temperatura global, que provoca una distorsión en la circulación atmosférica; un ciclo hidrológico más activo y un aumento en la capacidad de retención de agua por parte de la atmosfera. Otro factor importante es el aumento del nivel de las precipitaciones. Fuertes aguaceros en diversas zonas han hecho prever un aumento en la pluviosidad de algunas regiones.

### **3.2.4. Cambios observados en los ecosistemas terrestres y marinos asociados con el cambio climático**

Los diversos ecosistemas de nuestro planeta se han visto afectados por la intervención de las actividades humanas. Un uso inapropiado de los suelos, la contaminación, la degradación de las aguas y la pérdida de especies por la destrucción de su hábitat, son de alguna forma producto de las externalidades provocadas por el apetito voraz de la humanidad en su afán de propiciar crecimiento económico.

### 3.2.5. Cambios observados en los ecosistemas terrestres

Según estudios realizados por el grupo intergubernamental de expertos sobre cambios climático, encontraron diversos cambios estadísticos en la temperatura y el parámetro biológico/físico, además de una significativa correlación entre estas variables.<sup>54</sup>

En el estudio se concluyó que aproximadamente el 80% de las especies estudiadas tienen una variación en el parámetro biológico, como los es: el inicio del tiempo de cría, los patrones de migración y el cambio en el tamaño de los cuerpos. Según las conclusiones del estudio, estos cambios abruptos pueden explicarse, dada la variación de la temperatura mundial y el efecto que provoca en el cambio climático.

Las manifestaciones del cambio climático sobre los ecosistemas son claras. Diversas alteraciones han propiciado efectos colaterales en las especies. Un ejemplo es el aumento en los incendios forestales debido a altas temperaturas; dichas manifestaciones climáticas provocan, en el caso más benévolo el desplazamiento de las especies nativas hacia otras latitudes, lo que distorsiona el modelo natural evolutivo de las especies.

Otro problema es el aumento de plagas causantes de enfermedades graves para los seres humanos. Estos casos se están presentando en lugares de latitudes altas, en donde su propagación era controlada de forma natural por el ambiente. Pero con el aumento significativo de las temperaturas (lo que se ha considerado

---

<sup>54</sup> El IPCC evaluó el efecto del cambio climático en los sistemas biológicos con la evaluación de 2.500 estudios publicados. De estos estudios, 44 que incluyeron cerca de 500 taxones cumplieron con los siguientes criterios: 20 o más años de datos recogidos y la medición de las temperaturas como una de las variables. Algunos de estos estudios investigaron los diferentes taxones (por ejemplo, pájaros e insectos) en el mismo documento. De un total de 59 plantas, 47 invertebrados, 29 anfibios y reptiles, 388 pájaros, y 10 especies de mamíferos

como el fenómeno del niño) se aumentan las posibilidades de contraer enfermedades como el mal de chagas o la malaria.

Dentro de los análisis del estudio realizado por los expertos sobre el cambio climático, se ha concluido que ciertas especies han demostrado cambios biológicos y físicos: A continuación las conclusiones del estudio para algunas especies.

Tabla 2. Repercusión en Algunas Especies, a Consecuencia del Cambio Climático

Especie	Repercusión
<b>Tortugas</b>	Las tortugas pintadas han crecido más durante los años más cálidos y han llegado antes a su madurez sexual durante una serie de años calurosos.
<b>Ratas</b>	El peso de la rata magueyera de América del Norte ( <i>Neotoma</i> sp.) ha disminuido con el aumento de temperatura durante los últimos ocho años.
<b>Ranas</b>	Algunas ranas han empezado a croar antes o con mayor fuerza para atraer a los machos durante los años cálidos.
<b>Ciervos</b>	El ciervo joven ( <i>Cervus elaphus</i> ) de Escocia ha crecido más rápidamente durante las primaveras más cálidas, lo que ha llevado a un aumento en el tamaño del cuerpo de los adultos.
<b>Pájaros</b>	El pájaro Carbonero Común ( <i>Parus major</i> ), posee un desequilibrio en el tiempo de cría de especies. Esta desigualdad podría producir una salida de los cascarones cuando los suministros de alimentos escasean.

Fuente: Cambio climático y biodiversidad, documento técnico del IPCC.

La anterior tabla nos describe la relación entre los factores climáticos y los ciclos de vida de las especies, esto se conoce como fenología de las especies. Por otro lado, este no es el único problema que sufren las especies, también se presentan alteraciones en sus viajes migratorios, lo cual contribuye al desequilibrio del ecosistema.

### **3.2.6. Cambios observados en los ecosistemas marinos**

Dentro del ecosistema marino, los arrecifes de coral son la mayor preocupación por causa del cambio climático. El notable aumento de la temperatura marina, ha provocado que cantidades de ellos mueran, ya que son organismos que se desarrollan dependiendo del tipo de temperatura y su tolerancia a cambios en la misma es crítica.

Otra de las preocupaciones esgrimidas por los biólogos, son los notables cambios en los factores bióticos y abióticos que afectan directamente la distribución de organismos marinos como los peces. Las variaciones en el volumen de biomasa se hacen evidentes, ya que los cardúmenes se movilizan hacia condiciones óptimas de temperatura.

Dentro de los efectos colaterales que generan las distorsiones de los peces, se le suma las fluctuaciones de grandes grupos de aves cuya alimentación depende de los estos, especialmente en situaciones como alimentar a sus crías.

### **3.3. PROTOCOLOS INTERNACIONALES**

La formulación de acuerdos internacionales para regular aspectos referentes a la ecología y el sistema ambiental, empezó a tomar mayor fuerza después de la Segunda Guerra Mundial. Es así como comenzó a establecerse varios tratados, con el fin de hacer un reconocimiento y buscar una protección al medio ambiente.

Los protocolos internacionales de preservación ecológica y ambiental, se crean con el fin de poner límites a la contaminación y a los daños causados al ecosistema

Estos acuerdos han desarrollado propósitos como reducción de emisiones, desarrollo sustentable y cambio climático. Los tratados internacionales

ambientales más reconocidos son la declaración de Rio de Janeiro, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de Copenhague.

### **3.3.1. Acuerdo de Rio de Janeiro**

El acuerdo de Rio de Janeiro se llevo a cabo un 3 de junio 1992. Esta conferencia estuvo a cargo de las Naciones Unidas y trató sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se hizo para reafirmar la Declaración de la Conferencia sobre el “Medio Humano” aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972.

El objetivo principal era constituir una alianza mundial y equitativa mediante la creación de niveles de participación entre los diferentes Estados, además de la inclusión de los sectores claves de la sociedad. Esto en procura de poder alcanzar convenios en donde se respetara los intereses de todos y se preservara la integridad del medio ambiente.<sup>55</sup>

En la reunión de Rio, se trataron temas de interés mundial. Uno de los más importantes es el cambio climático. Sin embargo pese al esfuerzo, los resultados no fueron los esperados, ya que no se logro que el convenio fuera firmado por todos los países y a *posteriori* no se cumplieron las metas.

Lo único para resaltar de la reunión, es que por primera vez se planteó una serie de conferencias para mirar los problemas que afectaban a la especie humana y su lugar de hábitat. En esta declaración se crearon 27 principios, donde se consideraron temas como el ser humano, el entorno, los derechos internacionales, las políticas ambientales, el desarrollo sostenible, la preservación de los recursos para las generaciones futuras, las evaluaciones de impactos ambientales, y las resoluciones de forma pacífica.<sup>56</sup> La disposición a cumplir con el tratado de Rio ha

---

<sup>55</sup> [www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx) Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, A.S (Saber más... Sobre Tratados Ambientales. Pdf pág.3

<sup>56</sup> *Ibíd.* pag.4

sido insuficiente, pues se necesita de un mayor esfuerzo y cooperación por parte de los estados y las instituciones.

### **3.3.2. Protocolo de Kioto**

El protocolo fue amparado en Kioto Japón, el 11 de diciembre de 1997 y entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Es un acuerdo internacional que está vinculado a la Convención del Marco de las Naciones Unidas. Su eje central fue el Cambio Climático.

Una de las principales características de este protocolo, es establecer los objetivos vinculantes para 37 países industrializados y la Comunidad Europea. Dichos objetivos se refieren a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI). El propósito principal de este acuerdo internacional es lograr que, para el transcurso de 2008 - 2012, los países industrializados disminuyan sus emisiones en 5% de GEI, con respecto al nivel de emisiones de 1990 (año base).<sup>57</sup>

En el tratado de Kioto, se determinó la responsabilidad de los países desarrollados en las emisiones de GEI. Por lo tanto se implementaron para ellos cargas más pesadas, en el marco del principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”. Bajo este esquema los países desarrollados hicieron negociaciones para reducir las emisiones de GEI.

Las emisiones son de varias clases pero en particular con el que se negocia es el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que se toma como referencia por ser el de mayor incidencia en el calentamiento global.

---

<sup>57</sup> Véase en: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

### **3.3.3. Acuerdo de Copenhague**

El acuerdo de Copenhague es un acuerdo ambiental reciente, que ha generado controversia dada la situación en que se dieron las conferencias y la falta de compromiso por parte de algunos países. Fue elaborado en diciembre del 2009. De este convenio hacen parte 196 países adscritos a la CMNUCC (convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático), sin embargo este acuerdo solo tiene el apoyo de 97 países es decir el 49% de total.

Para este convenio se recibieron 41 propuestas que varían según las políticas económicas y el desarrollo de cada país. Sin embargo, las propuestas no concuerdan con lo que sugieren los expertos del panel intergubernamental para el cambio climático y según ellos en el informe del 2007 se debe hacer una reducción del 25 al 40 % GEI.

### **3.4. ENFERMEDADES ASOCIADAS A LA POLUCIÓN ATMOSFÉRICA**

Con la llegada de la revolución industrial se registro un aumento en el uso de los combustibles fósiles en la generación energética. El uso de estos combustibles a través de los años ha dejado consecuencias, produciendo contaminantes físicos y químicos, que generan un impacto negativo en el medio ambiente y el ecosistema. En la actualidad, los niveles de contaminación se están reflejando en salud humana, la contaminación está llegando al límite de la capacidad depurativa natural.

Según el informe del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático), las generaciones presentes y futuras dependerán en gran medida, de la sustitución de las fuentes de energía contaminantes provenientes del carbón, petróleo, gas y residuos nucleares, por alternativas limpias y respetuosas con todos los ecosistemas biológicos.

Según el documento “Enfermedades Asociadas a la Polución Atmosférica por combustibles fósiles”<sup>58</sup> los niños son los mayores afectados por la contaminación ambiental, ya que su sistema inmune es más susceptible que el de un adulto.

Existen diferentes tipos de contaminantes físicos y químicos. De los primeros se desprenden la contaminación acústica como el ruido, esto tiene repercusiones neurológicas y psicológicas, además de afectar el rendimiento físico e intelectual de las personas. Por otro lado, las ondas electromagnéticas interfieren también en el organismo humano, produciendo efectos como trastornos de todo tipo ya sea neurológicos, mentales, cardiopulmonares, dermatológicos y trastornos inmunológicos.

Los contaminantes químicos como el CO<sub>2</sub>, contribuye al efecto invernadero. Este cambio influye de dos formas en el ser humano: de forma directa se genera estrés térmico y pérdida de la calidad global del aire. Indirectamente, en enfermedades transmitidas por insectos, por contaminación del agua, entre otros.

El óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas altamente reactivo, que contienen nitrógeno y oxígeno en proporciones variables. Se origina de la quema de combustibles fósiles. Altas concentraciones de estos gases, afectan la salud por medio de diferentes manifestaciones.

El Smog o niebla tóxica genera diferentes enfermedades respiratorias. Además, reduce la función pulmonar, provocando alergias respiratorias, lesiones de mucosa respiratoria, etc.

La lluvia ácida es otra manifestación de este tipo de contaminación. Al presentarse este fenómeno todo queda contaminado: el aire, el agua y los alimentos. Esto puede generar una serie de infecciones como conjuntivitis, rinitis, faringitis,

---

<sup>58</sup> Revista Médica, Unidad de Oncología Pediátrica. Hospital Infantil Universitario «La Fe». Valencia.

laringitis, traqueítis, bronquitis agudas y crónicas. Además de problemas gastrointestinales, renales, hepáticos y neurológicas.

Según la International Agency for Research of Cáncer (IARC) y el National Cáncer Institute (NCI) de EE.UU, la emisión de partículas derivadas de la quema de combustibles fósiles, pueden causar en un alto grado, efectos adversos en la salud. Los estudios han demostrado el aumento de enfermedades agudas, reproductivas y crónicas; también el aumento de agentes productores de mutaciones y efectos cancerígenos, que sin duda va en contra de la calidad de vida de la sociedad.

Los combustibles fósiles contienen cantidades variables de sustancias radioactivas que al quemarse van a la atmosfera contaminando el medio ambiente. Además, los científicos (conservadores) asumen que cualquier dosis de radiación, independientemente de la cantidad por mínima que sea, supone un riesgo para la salud humana. Estas radiaciones generan alteraciones estructurales y funcionales del ADN celular que, según el daño causado origina efectos necróticos, muta génicos y cancerígenos.<sup>59</sup>

Como ya se ha explicado el uso de los combustibles fósiles genera serias repercusiones en la salud de las personas, sin embargo para la correcta prevención se debe crear mecanismos donde se exija que el desarrollo industrial y el tecnológico vayan de la mano, con la calidad de vida y el respeto hacia medio ambiente. Este es el verdadero desarrollo sostenible y se logra con el avance de tecnologías limpias como las energías alternativas que son menos contaminantes.

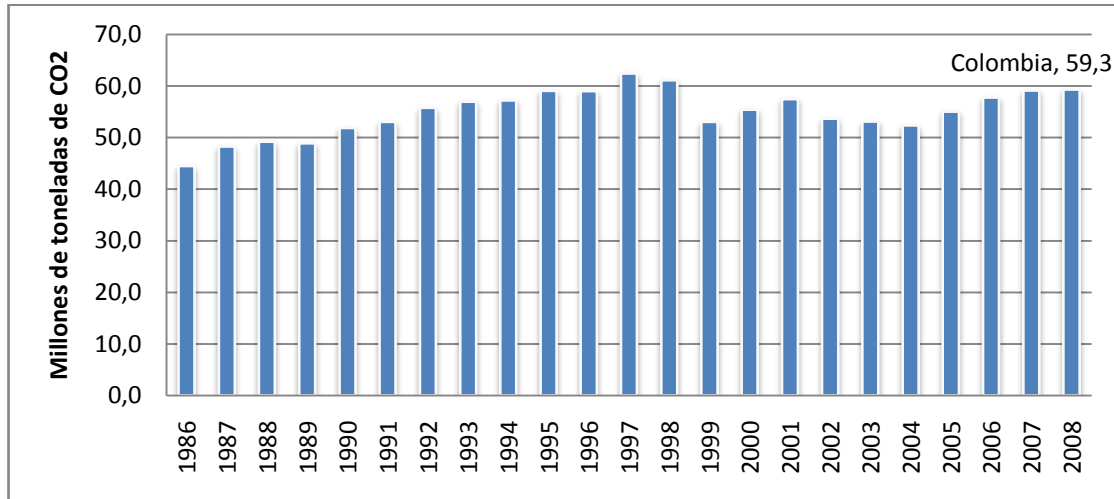
---

<sup>59</sup> International Agency for Research on Cancer. Human Cancer Risks due to Low-Level Ionizing Radiation. Cardis E, Carpenter L, Gilbert E, Howe G, Woodward A, eds. Lyon: IARC Sci Publ N° 133; 1995.

### 3.5. CASO COLOMBIANO

#### 3.5.1. Emisiones de dióxido de carbono en Colombia

Gráfica 25. Emisiones de dióxido de carbono en Colombia



Fuente: British Petroleum Company.

Para el caso colombiano, las emisiones de dióxido de carbono presentan un comportamiento variable con diversos picos y valles. A partir del año 86 y hasta el 97 se evidencio un aumento del 40.4% en el número de emisiones. Vale la pena destacar que durante el periodo 97-98 la extracción de petróleo en Colombia alcanzo su pico más alto. De lo anterior, se puede identificar una relación directa entre el aumento de la producción (refinación) y las emisiones de CO<sub>2</sub> registradas en el ambiente.

A partir de 1997, las emisiones han oscilado. En el año 2008 las emisiones muestran un alza considerable, llegando casi a igualar las emisiones del periodo 97-98. No obstante durante el periodo 2007-2008, el aumento en la emisión de CO<sub>2</sub> fue de solo un 0.02%.

Por último cabe resaltar que Colombia solo representa un 0.2% del total de las emisiones mundiales, motivo por el cual estadísticamente no tiene una participación significativa. No obstante esta no puede ser una excusa para mejorar las políticas ambientales de nuestro país.

### **3.5.2. Desarrollo e impacto ambiental en Colombia**

La estrategia de desarrollo que se adoptó en el país surge a mediados del siglo XX y va hasta la década de los noventa. Se estableció una política proteccionista con el fin de favorecer el desarrollo de la industria. Con el modelo de la sustitución de importaciones y a su vez el fomento de las exportaciones, se da inicio a la propuesta de globalización promovida por los países de mayor desarrollo tecnológico y concentración de capital.<sup>60</sup>

La influencia de estos modelos fue la pauta para determinar la dirección de la evolución de la industria, el comercio, la agricultura y su relación con el medio ambiente. Lo que originó la política proteccionista, fue un crecimiento en dotación para el mercado interno con una estructura reguladora frágil; surgimiento de monopolios y oligopolios con un patrón de consumo ambiental costoso.

De acuerdo a esto, se dieron una serie de consecuencias que han sido difíciles de erradicar y que aún son problema en la actualidad. Con esas políticas se estimuló el uso de tecnologías obsoletas y de baja productividad.

Estas consecuencias condujeron a un crecimiento de altos niveles de contaminación desgaste de los recursos naturales, aumento de vertimientos de agua, emisiones atmosféricas, residuos tóxicos, además de la utilización de medios inadecuados para ampliar los sistemas agropecuarios y daños en la diversidad biofísica en el país.

---

<sup>60</sup> PEREZ, Germán Desarrollo y Medio Ambiente pág 81

Uno de los sectores más golpeados ha sido el agropecuario, con la utilización de tierras para la expansión de una colonización depredadora. A esto se le suma la siembra de cultivos ilícitos, que han sido culpables del 70% de la deforestación en los nichos ecológicos.

Afortunadamente esta situación ha comenzado a dar una nueva virada. Las reformas institucionales que se implantaron en la constitución del 91, obligan a reducir los niveles de contaminación, beneficiando los recursos naturales. Además los sectores exportadores deben asumir la responsabilidad de mantener un nivel de contaminación, si desean competir en el mercado, este arreglo institucional exige más control en todo lo ambiental (constitución de 1991 y Ley 99 de 1993).<sup>61</sup>

Sin embargo los daños ambientales ya adquiridos a través del tiempo no son fáciles de remediar. Hay que acceder a políticas más restrictivas que condicionen los sectores que más contaminan en el país.

### **3.5.3. Legislación ambiental en Colombia**

A partir de 1974 se da comienzo a una legislación ambiental estable, con el código de recursos naturales “Renovables y Protección del Medio Ambiente”. Esto fue la base que constituyó la principal norma sustantiva en materia ambiental.

En los años 90’ se estableció la función ecológica de la propiedad. Se crearon los deberes ambientales del Estado, los derechos ambientales de los ciudadanos y se creó la formulación de políticas ambientales como parte del Plan Nacional de

---

<sup>61</sup> Economía y Desarrollo - Marzo 2002, vol. 1, N° 1 Entre los instrumentos económicos de control de la contaminación se destacan la tasa retributiva que se encuentra implementada y la tasa por uso del agua que se encuentra en proceso de implementación.

Desarrollo. Además, se introdujo la noción de desarrollo sostenible, como meta para la sociedad.

Con la constitución del 1991 se dieron grandes cambios en el aspecto ambiental, donde se consagran cerca de 50 disposiciones que inciden de forma directa o indirecta. A continuación se nombran los más importantes. El Estado debe proteger la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica. Esto se logra fomentando la educación para lograr estos fines (art. 79); además, son deberes de la persona y el ciudadano proteger los recursos naturales y culturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano (art. 95 #8); el Estado debe prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones y exigir la reparación de los daños causados (art. 80); es deber de las autoridades garantizar la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar al ambiente sano (art. 79).

La Ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente y 5 institutos de investigación de apoyo científico y técnico, además de 16 nuevas corporaciones autónomas entre otros decretos y leyes.

Algunos de los decretos son: el que reglamenta las tasas retributivas; el decreto que define la naturaleza jurídica de las corporaciones autónomas regionales y el decreto que reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica. Además, se enfatiza también que el 0,1% del PIB debe destinarse a la protección ambiental.

Una de las principales normas en la parte ambiental es el decreto ley 2811 de 1974 o Código de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente. Este tiene como objetivo la preservación y el manejo sostenible de los recursos naturales renovables del país.

Cabe resaltar que en los planes de gobierno de los presidentes Gaviria (1990-1994) se desarrollo y estructuro una política ambiental sistemática que incluyó una sólida base institucional, técnica y financiera. En el gobierno de Samper (1994-1998) el objetivo fue avanzar progresivamente hacia el desarrollo humano sostenible. Sin embargo, en la mayoría de planes de desarrollo, no se observan políticas serias, enfocadas a la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

No obstante, falta mucho por hacer en la parte de desarrollo sostenible y en la implementación y cumplimiento de nuevos decretos y normas. Para esto se necesita una mayor participación por parte del estado, el sector privado y la sociedad. El respeto hacia el medio ambiente y los recursos naturales va más allá de las leyes y debería convertirse en parte de nuestra cultura.

#### 4. ENERGIAS RENOVABLES, ALTERNATIVA HACIA EL FUTURO

*“Una economía que descansa fundamentalmente en la energía solar eliminará, aunque no por completo el monopolio del presente sobre las generaciones futuras.”*

NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN<sup>62</sup>

Las energías alternativas, emergen como una posible solución a los problemas de contaminación que hoy enfrenta el planeta. Para esto es importante definir la coyuntura actual de los combustibles fósiles, especialmente el petróleo, ya que de éste depende la mayor parte del funcionamiento industrial del planeta.

Como el petróleo es un bien escaso, los gobiernos tienen un incentivo para reservarlo, ya sea para garantizar el suministro futuro o para especular sobre su precio; este comportamiento ha llevado incluso, a conflictos armados, presiones políticas, desplazamiento o exterminio de comunidades, entre otros males.

El uso de los combustibles ha dejado también problemas ambientales y ecológicos: el cambio climático, la lluvia ácida, la contaminación del agua y del aire, enfermedades en los seres humanos, tornados, inundaciones, derretimiento de los polos, entre otros perjuicios que hoy se están reflejando en el ecosistema.

La energía renovable, es la esfera más importante del sector de la energía, debido a su capacidad para reducir las emisiones de gases efecto invernadero y la contaminación; además, aprovecha fuentes de energía locales y descentralizadas, como los recursos eólicos, solares, hidroeléctricos, mareomotrices, geotérmicos y de biomasa.

---

<sup>62</sup> GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. “Mitos de la economía y la energía”. En: Economía, ecología, ética. México: Fondo de Cultura Económica, 1989 p 87.

Paralelamente, estas fuentes renovables no se ven afectadas por la volatilidad del mercado, además estimulan la creación de empleo, desarrollo tecnológico y el crecimiento económico. Es indudable, que las energías renovables constituyen un elemento clave, en un futuro sostenible. Debido a esto, se hace necesario replantear las políticas ambientales y ecológicas en los países, generando un cambio en el consumo de energía, que reduzca los riesgos ecológicos, económicos y sociales.

#### **4.1. ALTERNATIVAS A LOS COMBUSTIBLES FOSILES**

La mayor parte del planeta está movido por la energía de los combustibles fósiles. El petróleo, el gas y el carbón provienen de material orgánico, que ha requerido de millones de años para su transformación en una fuente energética; por lo tanto, es una fuente no renovable y limitada. Este hecho, sumado a que el consumo avanza más rápido que la extracción, esta conduciendo al agotamiento. Por este motivo es urgente buscar diversos tipos de energías, que ayuden a responder a la demanda mundial.

¿Qué podría ayudar a mejorar este panorama?, el reto está en optimizar la energía, disminuir el consumo proveniente de combustibles fósiles y comenzar a utilizar nuevas fuentes de energía. La mayoría de estas nuevas fuentes de energía deberían provenir del sol, ya que estas se producen en forma continua, son renovables y por lo tanto son “inagotables”.

El sol provoca en la tierra diferencias de presión, esto origina vientos y mareas. De allí se puede obtener el potencial para la generación de energía eólica y mareomotriz; su calor propicia el ciclo del agua, mediante el proceso de condensación y precipitación, dando origen a los ríos y lagos que generan la

energía hidráulica; también, está implicado en el funcionamiento y crecimiento de las plantas de las cuales se obtiene la biomasa.

**Las ventajas más importantes de las energías renovables (ER) son:**

- La ER no producen emisiones de  $CO_2$  ni otros gases contaminantes, mientras las energías producidas a partir de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) sí.
- Las ER no generan residuos de difícil tratamiento, en cambio la energía nuclear y los combustibles fósiles, generan residuos que perduraran durante generaciones.
- Las ER son inagotables<sup>63</sup> y los combustibles fósiles, son finitos.
- Las ER están presentes en todas las latitudes, mientras los combustibles fósiles no.
- Las ER evitan la dependencia exterior y por lo tanto fluctuaciones en las economías.
- Las ER crean cinco veces más puestos de trabajo, que las convencionales.
- Las ER contribuyen al equilibrio interterritorial, porque suelen instalarse en zonas rurales, mientras las energías tradicionales, se sitúan generalmente, cerca de las metrópolis.
- Las ER permiten desarrollar tecnologías propias. Las energías tradicionales, utilizan en su mayoría tecnología importada.<sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> Se dicen inagotables, porque su ciclo podría durar miles años y esto no sería limitante para ninguna civilización.

<sup>64</sup> Véase en: [http://www.webs.ulpgc.es/agora/ficheros/INTRODUCCION\\_RENOVABLES.pdf](http://www.webs.ulpgc.es/agora/ficheros/INTRODUCCION_RENOVABLES.pdf). pág. 3

#### 4.1.1. Tipos de energía renovable.

Tabla 3 .Tipos de energías renovables, aplicaciones, usos.

Tipos	Modo de generación	Aplicaciones, usos
<b>Energía Hidráulica</b>	Se obtiene de la caída del agua desde cierta altura. Esto provoca, el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad.	Provisión de agua para uso doméstico y sanitario, el riego, el uso industrial, obtención de energía eléctrica y la recreación.
<b>Energía Mareomotriz</b>	Es producto del movimiento de las mareas, que producen una energía que se transforma en electricidad, en las centrales mareomotrices.	El mayor inconveniente tiene que ver con la investigación, de la resistencia de los materiales, contra la corrosión y el impacto. Así, como la imposibilidad técnica de producir a gran escala.
<b>Energía Geotérmica</b>	La energía se transfiere a la superficie, por difusión, por movimientos de convección, en el magma (roca fundida) y por circulación de agua en las profundidades.	Instalaciones de turbinas. Los balnearios es otra forma de aprovechamiento de la energía geotérmica. Calefacción y agua caliente sanitaria.
<b>Energía Biomasa</b>	La energía de biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas y estiércol, continúa siendo, la fuente principal de energía, de las zonas en desarrollo.	El aprovechamiento del excremento, mediante la descomposición, produce gas metano y sirve para cocinar, calentar agua y como fuente de luz artificial;
<b>Energía Eólica</b>	Se deriva, del calentamiento diferencial de la atmósfera y de las irregularidades del relieve, de la superficie terrestre. El aire continental, se expande y eleva, disminuyendo así la presión sobre el terreno, y haciendo que el viento sople desde el mar hacia las costas. La rotación terrestre, la diferencia de temperatura y la presión atmosférica, tienen influencia en la dirección del viento. El contenido energético, del viento depende de su velocidad.	Bombeo de agua y riego, refrigeración de productos agrarios, secado de cosechas, calentamiento de agua, energía mecánica, energía térmica y energía eléctrica (su aplicación más frecuente pero que obliga, a su almacenamiento, o a la interconexión del sistema, de generación autónomo, con la red de distribución eléctrica).

Fuente: Informe operación de energías alternativas pdf pág. 2-54

## 4.2. CONSUMO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN PAISES INDUSTRIALIZADOS Y EN VIA DE DESARROLLO.

Tabla 4. Consumo de hidroelectricidad y energías renovables en países desarrollados y en vía de desarrollo + EE/ex URSS. En trillones de Btu.

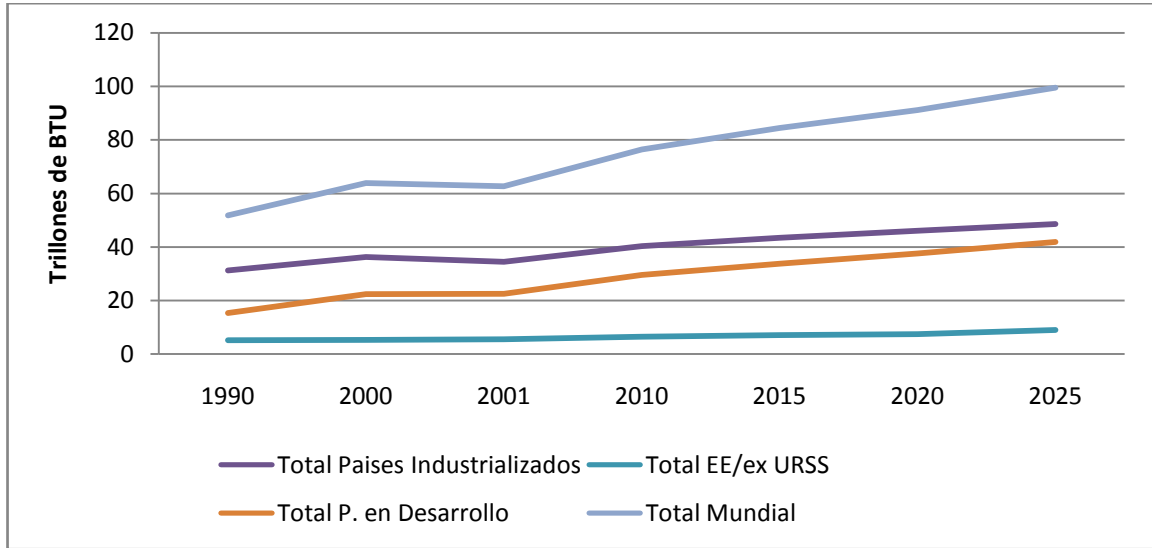
Región/País	Historia			Proyecciones			
	1990	2000	2001	2010	2015	2020	2025
Total Países Industrializados	<b>31,2</b>	<b>36,2</b>	<b>34,5</b>	<b>40,3</b>	<b>43,5</b>	<b>46,1</b>	<b>48,6</b>
Total EE/ex URSS	5,2	5,3	5,6	6,5	7,1	7,4	9
Total P. en Desarrollo	<b>15,4</b>	<b>22,4</b>	<b>22,6</b>	<b>29,6</b>	<b>33,8</b>	<b>37,6</b>	<b>41,9</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>51,8</b>	<b>63,9</b>	<b>62,7</b>	<b>76,4</b>	<b>84,4</b>	<b>91,1</b>	<b>99,5</b>

Fuente: Energy Information Administration (EIA), International Energy Database

El consumo mundial de energías renovables estima llegar a finales del año 2010 a 76.4 millones de Unidades Térmicas Británicas (BTU) y se espera que para el año 2025, dicho consumo llegue a cerca de 100 trillones de BTU. Si comparamos los datos registrados en 1990 y las proyecciones para el 2025, se espera aumentar en un 92% el consumo mundial de energías renovables.

En el escenario mundial hacemos el comparativo entre los países desarrollados y en vía de desarrollo. Además en la obtención de los datos, se analiza por aparte el comportamiento de Europa del Este y la ex URSS, por motivos técnicos.

Gráfica 26. Consumo de Energías Renovables por Regiones



Fuente: Energy Information Administration (EIA), International Energy Database

Según los datos históricos de 1990 y las proyecciones que se estiman para el 2025, los países Industrializados tendrán una variación en el consumo de un 56%. Estos países representaran el 49% del total del consumo mundial de hidroelectricidad y energías renovables.

Sin embargo, los países en desarrollo prevén un aumento histórico en el consumo para el 2025 de aproximadamente un 172%, llegando así en el 2025 a tener una participación en el consumo global del 42.5%. Las cifras nos indican que los países industrializados llevan la delantera en el consumo de energías renovables. Esto es un indicativo de que sus economías se preocupan por establecer parámetros energéticos limpios y amables con la naturaleza. No obstante es destacable el aumento previsto por los países en vía de desarrollo, acercándose a nivel de consumo de los mismos países industrializados.

Tabla 5. Consumo de Hidroelectricidad y Energías Renovables en el Continente Americano

Región/País	Historia			Proyecciones			
	1990	2000	2001	2010	2015	2020	2025
<b>América del Norte</b>	<b>9,5</b>	<b>10,6</b>	<b>9,4</b>	<b>11,6</b>	<b>12,7</b>	<b>13,5</b>	<b>14,4</b>
Estados Unidos	6,1	6,4	5,5	7,3	7,9	8,5	9
Canadá	3,1	3,5	3,5	3,8	4,2	4,4	4,7
México	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
<b>Centro y Sur América</b>	<b>3,9</b>	<b>5,9</b>	<b>5,2</b>	<b>6,4</b>	<b>6,7</b>	<b>7</b>	<b>7,3</b>
Brasil	2,2	3,3	2,9	3,4	3,6	3,9	4,1
Resto de Centro y Sur América	1,7	2,6	2,7	3,1	3,2	3,2	3,2
<b>Total Continente Americano</b>	<b>13,4</b>	<b>16,5</b>	<b>14,6</b>	<b>18</b>	<b>19,4</b>	<b>20,5</b>	<b>21,7</b>

Fuente: Energy Information Administration (EIA), International Energy Database

Como es de esperarse, América del Norte lidera lejos la generación de energía hidroeléctrica y alternativa. En el año 2001 representaba el 64.4% del total de estas energías y se espera que en el 2025 este porcentaje llegue al 66.4%. Estados Unidos es el país que más incentiva la utilización de estas tecnologías, seguido de Canadá y México, este último con una participación inferior al 5% del total.

Centro y Sur América representaban el 35.6% del total en el 2001. Para el 2025 se espera que dicha participación caiga en dos puntos porcentuales. Brasil representa más del 55% de la generación en esta parte del continente. En conjunto, el continente estima un consumo promedio entre el 2001 y el 2025 en un 1.5%. El consumo de hidroelectricidad y energías renovables representa aproximadamente el 11% del consumo total de energía del hemisferio y se espera que dicha producción decline, a sabiendas de la necesidad de diversificar nuevas formas de generación energética. Esto respecto a la expectativa de crecimiento de 1.5% anual, comparado con la misma expectativa a nivel mundial.

### **4.3. ENERGÍA SOLAR**

Es aquella producida por el sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra, a través del espacio en cuantos de energía, llamados fotones que interactúan, con la atmósfera y la superficie terrestre. La intensidad, de energía solar disponible en un punto determinado de la tierra, depende del día, el año, la hora y la latitud.

La recolección directa de energía solar, requiere dispositivos artificiales, llamados celdas solares, diseñados para generar energía. La energía una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotovoltaicos. Estos procesos, tienen la facilidad de ser adaptados a diferentes requerimientos. Cuentan con sistemas sencillos y fáciles de instalar. Los costos de operación y el mantenimiento son bajos, aun, cuando la inversión inicial es importante.

Según el documento Visión Global de Greenpeace, sobre el cambio climático y la situación energética, no hay dudas que la Energía Solar está en auge. La capacidad instalada de los sistemas solares, pasó de 1400 MW en el 2000 a 6500 Mw a finales del 2006. También, las instalaciones de celdas y módulos fotovoltaicos, han aumentado en todo el mundo a una tasa promedio anual superior al 35%.

A opinión, de la Sociedad Internacional de Energía Solar, la gran ventaja se manifiesta, en los usos finales directos y sus aplicaciones distribuidas, además de la seguridad de muchas de estas aplicaciones; en las ventajas económicas de valor agregado; en la disponibilidad de energía solar radiante, donde otros recursos no están presentes, (desiertos, áreas con vientos bajos, etc.) y en la importancia de desarrollar una cartera variada, de fuentes de energía renovables.

#### **4.3.1. Energía solar térmica**

Consiste en aprovechar la energía que proviene del sol, para transportarla a un medio portador de calor como el agua o el aceite. La explicación de este sistema consiste, en la concentración de energía solar en una superficie reflectante, esto para que la densidad energética comience a aumentar de forma simultánea. Esto genera un aumento significativo de temperatura. El proceso continúa por los fluidos receptores, para que finalmente pueda ser transferido a la generación de electricidad, en alternadores eléctricos o a partir de ciclos térmicos.

A estas tecnologías, se les conoce con el nombre de sistemas de concentración solar para la generación de potencia eléctrica, de donde se despliegan tres categorías; sistema de canales parabólicos, sistemas de torre central y sistemas de máquinas térmicas con concentración tridimensional.

Los sistemas de canales parabólicos están compuestos por un sistema de espejos de forma cilíndrica y parabólica, que son montados en filas, para calentar el fluido que corre por ellos. Este fluido líquido se transforma en vapor y luego pasa directo a una turbina convencional, que está conectada a un generador eléctrico.

El Sistema de torre central se desarrolla por medio de espejos heliostatos que reflejan la energía en la parte superior de una torre. Ésta es situada en el centro de su campo, donde la energía se capta y es llevada a un fluido que posteriormente se calienta y genera vapor, conduciéndose finalmente hacia un generador térmico de potencia.

El Sistema de máquinas térmicas se efectúa por medio de un motor llamado Stirling. A éste se envía la energía solar por un disco parabólico y posteriormente a un área de captación de alta temperatura. De esta forma es posible calentar los gases que luego serán expandidos y enfriados en un ciclo termodinámico, de tipo Stirling.

Los sistemas de concentración solar para potencia eléctrica, producen energía a la mitad del costo actual de la electricidad fotovoltaica. Sin embargo esta tecnología está rezagada en su implementación a gran escala, debido al alto costo que conlleva la construcción de una central solar. Este coste es similar al de una central de combustible fósil.

Sin embargo, el interés para la creación de este tipo de centrales crece, esto se refleja en los proyectos que se llevan a cabo en diferentes países; además, otros están siendo financiados por grandes empresas, como el GEF (siglas en inglés Fondo Ambiental Global).

#### **4.3.2. Energía solar fotovoltaica**

Su funcionalidad consiste en la transformación directa en energía eléctrica. Ésta se logra con materiales semiconductores, por medio de células fotovoltaicas de silicio.<sup>65</sup> El proceso se da cuando la luz del sol incide en una de las caras de la célula, generando así una corriente eléctrica, que se utiliza, como fuente de energía.

Hoy en día, este sistema es el más conocido en el mundo. Esto se ha logrado gracias a la publicidad, las aplicaciones que tiene y los incentivos de apoyo que recibe. Aunque esta tecnología es costosa en términos de producción energética, es fácil y económico de instalar y mantener.

El mercado de la energía fotovoltaica está creciendo a buen ritmo. Según las estadísticas de la ISES (the international solar energy society) en el año 2002 se instalaron más de 560MW de stocks de sistemas fotovoltaicos en el mundo;

---

<sup>65</sup> Los sistemas fotovoltaicos más utilizados son las celdas monocristalinas y policristalinas porque son más eficientes y de óptimo rendimiento. cabe aclarar que el inocuo silicio es el elemento más abundante en la tierra

además, al principio de este milenio la tasa promedio de crecimiento de la industria ha sido de 36,6%. Por otra parte las ventas para ese año fueron de 3,5 mil millones de dólares, y se estima que aumente en 27,5 mil millones de dólares para el 2012.

El crecimiento, del mercado fotovoltaico, ha aumentado anualmente, en casi todo el mundo en un 40%.<sup>66</sup> Dando lugar a la competencia y al crecimiento económico de Japón y Alemania; Que son países especializados, y cada vez se esfuerzan más, por mantenerse en este mercado de forma sólida y eficiente.

#### **4.3.2.1. Aplicaciones de la energía solar**

Obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, calefacción al hogar, aire acondicionado, controlar heladas, energía a calculadoras y relojes, navegación aérea, marítima y ferrocarriles, repetidores de radio, TV, telefonías móviles y satélites artificiales. También, oxigenación de aguas, vehículos eléctricos, refrigeración durante las épocas cálidas, invernaderos solares, secaderos agrícolas, y plantas de purificación o desalinización de aguas.

#### **4.4. IMPORTANCIA DE UN CAMBIO ENERGÉTICO MUNDIAL**

La importancia de un cambio energético a gran escala debe ser prioridad de la generación presente. Así, mediante un verdadero esquema de desarrollo sostenible, se aumentara el nivel de calidad de vida de la sociedad y al mismo tiempo se prevendrá el daño ecológico que afecta a los ecosistema. Afortunadamente, esta idea es compartida por países en desarrollo, y países industrializados. Aunque las prioridades son diferentes para algunos de ellos, es

---

<sup>66</sup> Véase en: [www.ises.org/shortcut.nsf/to/wp](http://www.ises.org/shortcut.nsf/to/wp) **Transitioning to a Renewable Energy Future**. Pág.67

probable que exista cooperación tecnológica y se logre llegar al objetivo común, el cambio en el paradigma energético.

El constante crecimiento poblacional y el desarrollo de la economía mundial, reclaman la creación de una nueva infraestructura energética. Entonces, en lugar de invertir en tecnologías que se basen en los ahora escasos combustibles fósiles, se debe dar un salto y buscar medios de inversión que faciliten la aplicación de tecnologías nuevas, como las energías renovables (energías suaves), además que contribuya a la generación de empleo.

El cambio climático a llamado la atención sobre la necesidad de medios alternativos de energía, en especial, para los países con más emisiones de  $CO_2$ . Los mecanismos de desarrollo limpio, que se dan en estos países con más tecnología, inspiran su uso en el tercer mundo. No obstante, los niveles de contaminación de estos países son altos. Además, también está la ventaja de que la mayoría de los países en desarrollo, se ubican sobre la línea del ecuador, por tanto gozan de gran riqueza en recursos naturales y no tienen estaciones.

Las energías de hoy basadas en combustibles fósiles, aparentan ser baratas, porque no toman en cuenta los costos reales sociales, ambientales o militares. Si se consideraran estos factores, se duplicarían los precios de la energía fósil en muchas partes del mundo.<sup>67</sup>

---

<sup>67</sup> Dieter Holm, D.Arch Un Futuro Para el Mundo en Desarrollo Basada en las Fuentes Renovables de Energía PDF pág. 20

#### 4.4.1. La energía y la pobreza

La energía, cumple un papel fundamental en satisfacer las necesidades básicas de una sociedad. Por ejemplo, el acceso a algún tipo de energía (sobre todo en zonas rurales), mejoraría las condiciones de vida de esa población. Esto se vería reflejado en alumbrado para los hogares, refrigeración de los alimentos, agua potable, telecomunicaciones, entre otros servicios indispensables.

En países subdesarrollados, más de 1600 millones de personas carecen de electricidad en el hogar, especialmente en África y Asia (como si vivieran en otra época). Para ellos el día es más corto y es insuficiente para terminar sus actividades diarias.

Actualmente, 2500 millones de personas que representan un 40% de habitantes en el mundo, dependen de la biomasa en su forma tradicional. El 90% de las zonas rurales de África dependen de este tipo de energía para cocinar sus alimentos y calentarse.<sup>68</sup> Sin embargo, el uso inadecuado de la biomasa, produce altos niveles de contaminación y los fuegos que se producen a espacio libre, tienen repercusiones en la salud y en el medio ambiente.<sup>69</sup>

Es lamentable la situación que se ha venido presentando con la crisis financiera mundial, los aumentos en el precio de los alimentos y de los combustibles, los actuales desastres naturales y los conflictos armados, son impedimentos para que el conjunto de países, cumpla a cabalidad las metas establecidas.

---

<sup>68</sup> ISES International Solar Energy Society

<sup>69</sup> Según datos de la organización internacional para la salud la contaminación del aire y las emisiones producidas por la biomasa y el carbón quemado dan como resultado la muerte de 1.6 millones de persona al año.

Según, la IEA para el año 2030, todavía 1400 millones de personas seguirán sin electricidad. Seguramente, se podría cambiar el curso de estas cifras si se actúa desde ya, adoptando medidas que estén ligadas al bienestar de la sociedad y del medio ambiente. Es indispensable que los países menos favorecidos, se involucren más en estos temas, con firme voluntad y un decidido compromiso político. Trabajar mancomunadamente con países industrializados debe ser obligatorio, pues su ayuda en el proceso de un cambio energético mundial es fundamental y mutuamente benéfico, ya que estos, ahorrarían el coste de investigación tecnológica a los países más pobres.

#### **4.4.2. La energía y los sistemas ecológicos**

Unas de las principales actividades económicas de los países subdesarrollados, es la agricultura y el ecoturismo. Según el IPCC la mayor parte del calentamiento global de los últimos 50 años, es generado por las actividades humanas en el uso de combustibles fósiles; por tanto, el impacto del cambio climático en la agricultura, el turismo y la salud, repercute más en los países en vía de desarrollo.

Para el tiempo en que los ciudadanos votantes, se den cuenta del impacto irreversible del cambio climático, será muy tarde para la acción política. Por lo tanto, el principio precautorio "sin arrepentimientos" impone una obligación a los gobiernos para actuar ya y sin demora.<sup>70</sup>

---

<sup>70</sup> Ibid. Pág. 25

#### **4.5. FACTORES QUE INCENTIVAN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS RENOVABLES**

Ya se señaló, que los precios de las energías convencionales son bajos en comparación de las energías alternativas, porque en ellos no se tiene en cuenta el costo de las externalidades que generan.

Tales distorsiones del mercado crean barreras serias y dominantes a las fuentes renovables, que además tienen en contra un costo de capital relativamente mayor, impuestos de importación, falta de economías de escala, falta de acceso a créditos, costos altos de conexiones en redes, carencia de normas, así como falta de capacitación y generación de cultura ciudadana.

Para que se genere una transición energética, es importante que las políticas que se tomen las medidas necesarias para superar diversos obstáculos. Estas políticas deben contener estrategias integrales y multidimensionales, es decir científicas, tecnológicas, Políticas y educativas.

Se deben realizar grandes inversiones en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, que permitan la eficiencia energética. Esto de la mano con proyectos educativos innovadores, que inculquen desde la infancia, la conciencia planetaria y los cambios de hábitos de consumo. Además, un esfuerzo político, a nivel de las organizaciones internacionales de generación de energía.<sup>71</sup> Para contrarrestar las barreras, también se pueden utilizar Incentivos financieros, como créditos fiscales para cubrir los costos de instalación, impuestos ambientales o impuestos de carbono, reembolsos o deducciones.<sup>72</sup>

---

<sup>71</sup> MANTILLA „Juan Carlos, Geopolítica de la Energía : América latina dentro de un mundo en transformación

<sup>72</sup> *Ibíd.* pág. 64

Si las personas de más bajos recursos pudieran acceder a préstamos más razonables para la creación de pequeños generadores en zonas rurales, nacerían nuevas oportunidades para la renovación del mercado de las energías alternativas, pues en ellos está el genuino interés de conseguir fuentes de energía más asequibles que las convencionales.

#### **4.6. ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA**

La ubicación geográfica de Colombia, su clima y sus recursos naturales le dan al país un gran potencial para desarrollar energías renovables. Sin embargo, todavía no existe la cultura necesaria, para incentivar el aprovechamiento de este tipo de energías, incluso, cuando esto ayudaría a solucionar problemas sociales, económicos y ambientales.

En la actualidad colombiana, la producción de energía primaria viene de los combustibles fósiles como el petróleo el gas y el carbón. La senda de energía suave, está representada por los biocombustibles y la hidroelectricidad. Esta última, cuenta con abundantes fuentes de agua, en todas las zonas del país.

El panorama colombiano no es alentador. Se espera la pérdida de autosuficiencia en aceite, para el 2010 o 2011, así como dificultades en las reservas de gas natural y su red de distribución. Un efecto como el anterior, pondría en “jaque” la generación energética de nuestro país, ya que a esto se le sumarían los cambios físico-químicos en el ciclo hidrológico, lo cual terminaría afectando la generación de energía hidroeléctrica.

En el país, se ha intentado hacer varios proyectos, que incentiven el uso de energías limpias. Pero todo indica, que no han sido propuestas que den un contrapeso, a los sistemas convencionales utilizados. Dentro de los programas se instauró, uno llamado PROURE (Programa de Uso Racional y Eficiente de la

Energía y Demás Formas de Energía, no Convencionales).<sup>73</sup> Este programa, se creó con el fin de incentivar el uso de las energías renovables y darle una aplicación en las regiones, donde no hay acceso a las energías convencionales.

El resultado, es que el PROURE no ha logrado, un rendimiento satisfactorio, esto lo prueba un estudio hecho por la Universidad Nacional y la Universidad de los Andes financiado por Colciencias e Isagen. Allí se llegó a la conclusión, de que en Colombia no se está dando la oportunidad al desarrollo de energías renovables, debido a que no se consideran los impactos ambientales que ellas tienen.<sup>74</sup> Argumentan, que todo depende de la voluntad política, por medio de fondos nacionales o especiales para desarrollar trabajos con ciertas tecnologías, como se hace con los biocombustibles.

Aunque, han sido pocos los avances, existen proyectos interesantes, con grandes posibilidades de progreso en energía alternativa. Según estudios en energía hidroeléctrica, Colombia tiene buena parte de la geográfica nacional para su desarrollo. En el 2007 la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética), en conjunto con el IDEAM (Instituto Meteorológico Nacional), elaboró un atlas de recursos en energía hidroeléctrica.<sup>75</sup> Los resultados mostraron que este tipo de energía, ocupa el segundo lugar en cuanto a la producción de electricidad, debido a la dotación natural privilegiada para proyectos hidráulicos.

La energía eólica, cuenta con posibilidades para abrirse campo, ya que el país presenta buenas condiciones de viento. El atlas eólico de 2006<sup>76</sup> ubicó más de 200 lugares con potencial eólico, especialmente en la parte costera al suroeste de

---

<sup>73</sup>Véase en: [www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id\\_categoria=213](http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id_categoria=213)

<sup>74</sup> BOTERO, Sergio profesor asociado de la Facultad de Minas y director de la investigación, Agencia de Noticias UN – véase en: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co> - Bogotá, Colombia,

<sup>75</sup> UPME Energías Renovables descripción tecnologías y sus finales cartilla pág. 32

<sup>76</sup> *Ibíd.* pág. 21

la Guajira, en los departamentos de Magdalena y Atlántico, en las Islas del Caribe y en la parte montañosa del Cesar y los SANTANDERES.

No obstante, solo se ha llevado a cabo un proyecto llamado JEPIRACHI, a cargo de la compañía de suministro de EPM (Empresas Publicas de Medellín) con apoyo de la GTZ<sup>77</sup> (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica). Este fue realizado, en la zona alta de la Guajira, cerca del Puerto del Carbón del Bolívar.

El primer proyecto, de energía eólica del JEPIRACHI, entró en servicio en diciembre del 2003, con un costo de más de 27,8 millones de dólares. El Banco Mundial hizo una contribución de 3,2 millones de dólares para el proyecto, en el marco del prototipo Fondo de Carbón (PCP), con el propósito de alcanzar las 800.000 toneladas, de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, para el 2012.<sup>78</sup> El costo, de la generación de energía de este proyecto, esta alrededor de \$ 49 dólares por MWh.<sup>79</sup>

Sobre la energía de la biomasa, cuyas principales materias primas utilizadas en el país son, el bagazo de la caña de azúcar y la cascarilla del arroz; se tienen las siguientes estimaciones: una producción anual de 7.5 millones de toneladas de bagazo, gran parte del cual se emplea, en la obtención de calor.<sup>80</sup> Una producción de cascarilla de arroz, de 457.00 toneladas al año. Aunque, no se tienen mayores estudios para este tipo de energía, se realizó en 2008 el primer atlas,<sup>81</sup> con el fin, de tener los puntos geográficos, de donde se podría aprovechar la biomasa.

El potencial geotérmico en Colombia, está en gran parte sin explotar. Esto se debe a la abundancia de otras fuentes de energía, como el carbón. De hecho, el único

---

<sup>77</sup> Siglas en Alemán

<sup>78</sup> En este sentido, UPME Colombia y el Ministerio de Medio Ambiente realiza los cálculos necesarios para la venta de emisión negociables.

<sup>79</sup> Energy-policy Framework Conditions for Electricity Markets and Renewable Energies 23 Country Analyses Chapter Colombia pdf pág 8

<sup>80</sup> UPME Energías Renovables descripción tecnologías y sus finales cartilla biomasa en Colombia pdf pág. 25

<sup>81</sup> *Ibíd.* pág., 27.

uso que se le da a este tipo de energía es el agua manantial para la calefacción de baños termales.

Por último, según investigaciones que realizó la UPME, la energía mareomotriz cuenta con un potencial en el pacífico es de 500 MW, esparcidos en 3000 km de costas, con una fuerza estimada de las olas de 30 GW.

#### **4.6.1. ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA**

En Colombia la radiación solar es relativamente uniforme. Esto permite que las emisiones de calor y luz del sol se puedan aprovechar al máximo. La historia de la energía solar en el país, comenzó en Santa Marta, a principios de los años setenta con pequeños experimentos para hogares rurales; luego se instalaron otros sistemas en la Universidad Industrial de Santander. Estos equipos utilizados eran israelíes y solo cumplían una función investigativa.

Fue en la época de la crisis del petróleo, a mediados del año 1973, cuando aparecieron los primeros proyectos funcionales en las instituciones y fundaciones gubernamentales. Para ese entonces, la tecnología que se adoptó, fue un sistema convencional que estaba formado por colectores solares y un tanque de almacenamiento. El colector, empleaba una parrilla de tubería de cobre o aluminio como absorbente. Tenía, una película de pintura, corriente o con adictivos y otros absorbentes selectivos. Su cubierta exterior estaba conformada por vidrio corriente y un sistema de aislamiento en fibra de vidrio, icopor o poliuretano.

A finales de los años 80', comenzó a evaluarse el desarrollo de los sistemas solares. En esta época se realizaron ensayos y pruebas para determinar su

eficiencia. El ICONTEC<sup>82</sup> estableció, normas de calidad para sistemas y dispositivos solares en Colombia.

En cuanto a los costes de los calentadores, para esa época la inversión inicial era alta. Un sistema para una pequeña familia valía US\$ 1000 y constaba de un tanque de 120 litros y 2m de colectores solares; El antiguo Banco Central Hipotecario, al hacer un análisis valor presente neto<sup>83</sup> dedujo, que era más barato utilizar el sistema, en vez de la electricidad para el calentamiento del agua. Pero hasta aquí llegó el estudio, ya que paralelamente surgió el gas natural y este desplazó la apenas creciente, industria de la energía solar.

#### **4.6.1.1. La energía fotovoltaica**

Particularmente, la utilización de la energía solar fotovoltaica, se da en el país en los años ochenta. Con los programas de telecomunicaciones rurales de Telecom y la asistencia técnica de la Universidad Nacional. Principalmente, fue empleada en zonas rurales, debido a los altos precios de los combustibles fósiles y su mantenimiento. Los generadores fotovoltaicos instalados se utilizaron en radioteléfonos y antenas satelitales terrenas, con capacidad de 3 a 4kwp; En la actualidad, se aprovechan los sistemas solares fotovoltaicos en repetidoras de microondas, boyas, estaciones remotas, bases militares, entre otras aplicaciones. Posteriormente, se presentaron algunos problemas por la falta de mantenimiento y suministro adecuado, como repuestos, reguladores, lámparas y sistemas de sub dimensionados. Estos problemas se repiten con frecuencia, poniendo en duda la sostenibilidad y calidad de la prestación del servicio.<sup>84</sup>

Aún se mantienen algunos usos en las zonas rurales, para obtener iluminación en el hogar, radio y televisión, entre otras necesidades básicas. El costo actual, está

---

<sup>82</sup> Instituto Colombiano de Normas Técnicas

<sup>83</sup> H. Rodríguez M. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas pág. 8585

<sup>84</sup> H. Rodríguez M. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas pp. 86

cerca de los US\$ 1200 a 1500, según datos del IPSE (Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas), que es la encargada liderar las acciones del Estado en la generación energética del campo Colombiano. En la actualidad, se cuenta con más de 15.000 sistemas instalados, para estas aplicaciones.

Hoy en día, la implementación de sistemas solares en el país, se ha interrumpido. Si bien, es cierto que a mediados de los ochenta, se utilizó tecnología avanzada para la época y se prestó el servicio para suplir necesidades básicas, hoy no corresponde a las ventajas comparativas con las que cuenta nuestro territorio. El desarrollo de la energía solar, generaría esperanza, frente a una posible crisis energética. Para esto se necesitan políticas estatales, que estén encaminadas a la búsqueda de soluciones que implementen el desarrollo en investigación en tecnología solar.

El estudio más reciente es el Atlas de Radiación Solar de Colombia.<sup>85</sup> Las regiones que tienen, una mejor capacidad de aprovechar esta energía, son: el Magdalena, la Guajira, San Andrés, Providencia, Casanare, Arauca, Guaviare, Amazonas, Putumayo, Vaupés y la zona costera del pacifico. La capacidad, del potencial en el área geográfica del país, está medida, por Kwh m<sup>2</sup> por año. De los que se tiene, para la Guajira 2000-2100, Costa Atlántica 1730-2000, Orinoquía-Amazonía 1550-1900, Región Andina 1550-1750 y Costa Pacífico 1450-1550.<sup>86</sup>

Hay cerca de 101 grupos de investigación y desarrollo, los cuales son universitarios y han sido clasificados por Colciencias<sup>87</sup> en categorías de a 4, según su respectivo nivel. Cuatro de ellos se desempeñan en energías renovables y energía solar. De allí participan 2 grupos de física de la Universidad Nacional; uno se encarga de estudios en Solares y Sistemas Interconectados a la Red, y el otro grupo de Radiación Solar y Aplicaciones de Sistemas Solares Térmicos y

---

<sup>85</sup> Atlas de Radiación Solar de Colombia. Bogotá: UPME-IDEAM, 2005.

<sup>86</sup> Atlas de Radiación Solar de Colombia. Bogotá: UPME-IDEAM, 2005

<sup>87</sup> Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Fotovoltaicos. Hace 20 años han venido realizando investigaciones. Ellos emiten publicaciones, realizan aportes en la telefonía rural, e investigan lo más reciente en sistemas solares, para las zonas más aisladas del país.

## CONCLUSIONES

Aunque la economía y la ecología comparten raíces etimológicas “oikos” que significa hogar, la realidad de la actualidad económica, contrasta con las leyes biofísicas.

La esencia de la economía ecológica, consiste en explicar el uso de la energía y los materiales en el ecosistema humano, bajo la óptica de las leyes físicas, en especial, la ley de la termodinámica.

La economía ecológica concibe la economía como un sistema abierto a la entrada de un flujo energético (energía solar). En este sistema se consideran dos tipos de residuos; los primeros son materiales, los cuales algunos pueden ser reciclables; los segundos se conocen como energía residual y están representados por las emisiones de calor disipado.

La economía ambiental nace en el seno del sistema económico, ante la necesidad de internalizar las externalidades provocadas por la coyuntura social. Allí se utilizan herramientas matemáticas, que permiten sintetizar “crematísticamente” los daños o beneficios en los que se hayan incurrido.

Los economistas ecológicos critican la modalidad utilizada por la economía ambiental. “los verdes” (como son llamados en España) aluden inconsistencias en la forma de valoración de los recursos, además, señalan la imposibilidad de valorar los bienes intergeneracional.

En la década de los ochentas, se busco compatibilizar el crecimiento económico y la preservación de los recursos naturales. Para ello se generó el concepto de Desarrollo Sostenible.

La gran verdad, es que a la fecha, dichas intenciones no han colmado las expectativas. Esto se debe al conflicto de intereses entre la geopolítica y los grandes poderes económicos.

Aunque la economía ecológica no rechaza de plano los instrumentos neoclásicos utilizados para preservar los ecosistemas, señala la necesidad de acoplar dichas herramientas, a la realidad biofísica.

En la actualidad, el sistema económico, la sociedad y los ecosistemas, comienzan a desequilibrarse por el uso y la fuerte dependencia hacia los combustibles fósiles. Las estadísticas indican que a excepción del carbón, el petróleo y el gas están por entrar en lo que los geólogos denominan “el cenit”. Esto es provocado principalmente por el alto consumo de los mismos, que a su vez genera caos económico, vía precios.

Para nadie es un secreto que la economía mundial se sustenta gracias al petróleo. El desarrollo de la industrialización se dio gracias a los combustibles fósiles. Desde esa época, el poderío económico, político y militar, ha dependido de quienes posean o controlen sus reservas.

Pasando a otras vicisitudes, el consumo de combustibles fósiles está atentando contra nuestro planeta. Los residuos provenientes de la quema de hidrocarburos, han sido correlacionados (por científicos) con el cambio climático y la degeneración de los ecosistemas. Dichos efectos se han tornado más agresivos en el presente y lo harán más en el futuro, incluso llegando a comprometer la humanidad.

Ante el inminente desabastecimiento futuro de combustibles fósiles, no queda otra alternativa, que desarrollar nuevas tecnologías que permitan suplir la dependencia energética y que además, sean amigables con la naturaleza.

Con la presente investigación se pretende llamar la atención sobre la actual crisis energética, para ello se toman como referencia los conceptos y leyes biofísicas y la realidad de nuestro planeta.

También se realiza un análisis a Colombia. Allí se identificó la alta dependencia de la economía local con el sector de los hidrocarburos, que en un futuro podrían causar una crisis general del sistema económico. Además, se evidenció el aumento de enfermedades de tipo respiratoria, asociada a la polución y la emisión de gases residuales, provenientes de la quema de hidrocarburos.

En la última parte del trabajo de grado, se estudia y analizan las posibilidades de implementar energías renovables (solar), como una posible alternativa a la coyuntura generada por la quema de combustibles fósiles.

Las energías renovables se presentan como una alternativa al sistema energético mundial, debido a su capacidad de reducir las emisiones de gases efecto invernadero y la contaminación; además, aprovecha fuentes de energía locales y descentralizadas, como los recursos eólicos, solares, hidroeléctricos, mareomotrices, geotérmicos y de biomasa.

Las fuentes renovables estimulan la creación de empleo, el desarrollo tecnológico y el crecimiento económico, además constituyen un elemento clave para un futuro sostenible.

La energía del sol es la fuente principal de todas las energías renovables. Es la que provoca en la tierra diferencias de presión, originando vientos y mareas.

Su calor propicia el ciclo del agua, mediante el proceso de condensación y precipitación, dando origen a los ríos y lagos que generan la energía hidráulica.

También influye en el funcionamiento y crecimiento de las plantas de donde se obtiene la biomasa y se pueden obtener directamente otros tipos de energía, como la térmica y la fotovoltaica

Según Visión Global de Greenpeace la energía solar a nivel mundial está en auge gracias a las ventajas que manifiesta en cuanto a la parte ambiental. Aunque su implementación en un principio necesite de una alta inversión.

## BIBLIOGRAFÍA

E.DALY. Herman. Economía, Ecología, Ética. México: Fondo de Cultura Económica / Economía contemporánea, 1989. p.

GARAY, Luis Jorge. Modelo de Desarrollo y Sostenibilidad. En Misión Rural. Transición: Convivencia y Sostenibilidad. 5 ed. Santa Fe de Bogotá: 1998. p. 9.

NAREDO, Manuel. La Economía en Evolución. 3 ed. España: siglo Veintiuno, 2003.p.

MARTINEZ, Alier y SCHLUPMANN, Klaus. La ecología y la Economía. México: Fondo de cultura económica, 1991.p.

MARTINEZ, Alier. De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular. Barcelona; Icaria.1992.p.

\_\_\_\_\_. Curso de Economía Ecológica. México; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.1995.p.

MANTILLA, Juan. Tendencias Mundiales y Latinoamericanas en el Uso de los Recursos Energéticos

GORE, Al. Una Verdad Incomoda. Barcelona: Gedisa, 2007.p.

ORTEGA, Mario. Manual de Economía Ambiental y De los Recursos Naturales. Thomson Paraninfo, p 328

UPME. Cadena del Petróleo. En: Ministerio de Minas y Energía. 2009 [obtenido julio 2009] Disponible En: [http://www.upme.gov.co/Docs/CADENA\\_PETROLEO\\_2009.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/CADENA_PETROLEO_2009.pdf)>

CHAVARRO, Andrés y QUINTERO, Juan. Economía Ambiental y Economía Ecológica, Hacia una Visión Unificada de la Sostenibilidad. En: Ideas Ambientales [en línea] .Edición N° 2 [obtenido agosto 2009] Disponible En: <[http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev\\_ideasAmb/documentos/IAedicion2Art09.pdf](http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev_ideasAmb/documentos/IAedicion2Art09.pdf)>

FLOREZ, Luis. El Futuro de la Autosuficiencia Petrolera en Colombia. En: Gestión Pública [En línea] Colombia. (2005) [obtenido Agosto 2009] Disponible en:

Dieter, Holm. Un Futuro Para el Mundo en Desarrollo Basada en las Fuentes Renovables. [En línea] España. (2005) [obtenido octubre 2009] Disponible en: <[www.ises.org](http://www.ises.org)>

Donald W. Aitken. Transitioning to a Renewable Energy Future. [En línea] México (2003) [obtenido octubre 2009] Disponible en: <[www.ises.org/shortcut.nsf/to/wp](http://www.ises.org/shortcut.nsf/to/wp)>  
HARRIS, Marvin. Caníbales y Reyes, Cap. 15 La burbuja Industrial, p 243-257

OROSTEGUI, Sandra. Economía ecológica. ¿Naturaleza o recurso?2004.p.108 Bucaramanga, Tesis. (Economista) Universidad Industrial de Santander, facultad ciencias humanas.

MADRIGAL, Alejandro. Energía seguridad hemisférica y fuentes energéticas alternativas: cooperación y perspectivas para el siglo XXI. Washington DC, 2005.Tesis (Máster en Defensa y Seguridad Hemisférica) Universidad del Salvador Argentina

CACERÉS, Luis F. El gas Natural, 3 Ed. Lima Perú: Grupo S.R.L. 2002.

FERNANDEZ, Ramón. El inicio del fin de la era de los combustibles fósiles, Ecologistas en acción, España, 2006.

H. Rodríguez M. Desarrollo De la Energía Solar en Colombia y sus Perspectivas pag.85 [Obtenido el 30 de agosto] [Disponible en: <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/a9%2028.pdf>]

Atlas de Radiación Solar de Colombia. Bogotá: UPME-IDEAM, 2005 [Obtenido el 30 de agosto] [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)

EL TEOREMA DE COASE Y SUS IMPLICACIONES SEGÚN EL PROBLEMA DEL COSTE SOCIAL. [Obtenido octubre 2009] <[www.eumed.net/cursecon/colaboraciones/Miro-Coase.htm](http://www.eumed.net/cursecon/colaboraciones/Miro-Coase.htm)>

ENERGYINFORMATION ADMINISTRATION “EIA”, (1980-2008) <[www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)>

RESPUESTAS A LOS RETOS ENERGÉTICOS DEL SIGLO XXI, ASPO ESPAÑA. <[www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org)>

INTRODUCCION RENOVABLES <[http://www.webs.ulpgc.es/agora/ficheros/INTRODUCCION\\_RENOVABLES.pdf](http://www.webs.ulpgc.es/agora/ficheros/INTRODUCCION_RENOVABLES.pdf)>

TRANSITIONING TO A RENEWABLE ENERGY FUTURE. Pág. 60 <[www.ises.org/shortcut.nsf/to/wp](http://www.ises.org/shortcut.nsf/to/wp)>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA COLOMBIA <[www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id\\_categoria=213](http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id_categoria=213)>

ENERGY-POLICY FRAMEWORK CONDITIONS FOR ELECTRICITY MARKETS AND RENEWABLE ENERGIES. 23 Country Analyses Chapter Indonesia Eschborn, September 2007. <[www.gtz.de/de/dokumente/en-windenergy-indonesia-study-2007.pdf](http://www.gtz.de/de/dokumente/en-windenergy-indonesia-study-2007.pdf)>

THE CLIMATE ACTION AND RENEWABLE ENERGY PACKAGE, EUROPE'S CLIMATE CHANGE OPPORTUNITY". CLIMATE ACTION. EC/Europe/EU. Fecha de consulta: 30 Diciembre 2008. <<http://ec.europa.eu/environment/climat/>>

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE PROTOCOLO DE KIOTO <<http://unfccc.int/index.html>>

TRANSITIONING TO A RENEWABLE ENERGY FUTURE. <<http://www.ises.org/shortcut.nsf/to/wp>>

RENEWABLES GLOBAL STATUS REPORT New Edition May 2009 <<http://www.martinot.info/>>

RENEWABLE ENERGY FUTURES <<http://www.martinot.info/>>

OPEP ORGANIZACIÓN DE PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO. Montly Oil Market Report, Viena Austria, 2009 <[http://www.opec.org/opec\\_web/en/](http://www.opec.org/opec_web/en/)>

## ANEXOS

### ANEXO A. TABLAS, COMBUSTIBLES FOSILES Y ENERGIAS RENOVABLES

<b>Consumo de energía en Colombia por tipo de combustible</b>								
<b>Tipo de combustible</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Gasolina	11,1	10,0	10,0	10,1	10,1	10,3	10,7	10,7
Gas Natural	5,5	5,5	5,4	5,7	6,1	6,6	6,7	7,3
Carbón	3,3	2,0	2,6	2,7	2,3	2,4	2,7	2,3
Hidroelectricidad	7,1	7,6	8,1	8,6	9,0	9,6	9,5	9,8
<b>Total</b>	<b>26,9</b>	<b>25,2</b>	<b>26,2</b>	<b>27,1</b>	<b>27,4</b>	<b>28,9</b>	<b>29,5</b>	<b>30,2</b>

Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

<b>Consumo de energía mundial por fuente</b>								
<b>Energy type</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>Petróleo</b>	3517,1	3522,5	3641,8	3767,1	3861,3	3889,8	3939,4	3927,9
<b>Gas Natural</b>	2219,5	2282,0	2343,2	2420,4	2512,2	2574,9	2652,2	2726,1
<b>Carbón</b>	2243,1	2397,9	2613,5	2778,2	2957,0	3090,1	3194,5	3303,7
<b>Energía Nuclear</b>	601,0	610,6	598,2	624,3	627,0	635,5	622,5	619,7
<b>Hidroelectricidad</b>	584,7	592,1	604,1	634,4	666,6	688,1	695,8	717,5
<b>Total</b>	<b>9165,3</b>	<b>9405,0</b>	<b>9800,8</b>	<b>10224,4</b>	<b>10624,0</b>	<b>10878,5</b>	<b>11104,4</b>	<b>11294,9</b>

Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

<b>Reservas petrolíferas mundiales, diversas fuentes</b>									
Miles de millones de barriles	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total Mundo BP	1104,5	1133,0	1180,0	1206,3	1211,3	1220,3	1240,6	1261,0	1258,0
Total Mundo EIA	1.016,8	1.028,1	1.032,0	1.213,1	1.265,0	1.277,2	1.292,9	1.316,7	1.332,0

Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009; Fuente: Energy Information Administration "EIA", (1980-2008)

<b>Intensidad Energética por Regiones</b>								
<b>Región</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Estados Unidos	8920	8616	8615	8434	8316	8089	7823	7796
Sur y Centro América	12362	12377	12306	12355	12062	11969	11775	11435
Colombia	9830	9550	9093	9208	8896	8778	8340	8089
Venezuela	21634	22909	24293	24541	22288	21496	19782	19414
China	25591	24969	26162	27708	30954	30411	29089	27502
Emiratos Árabes	18838	18450	19538	17878	17184	16560	16290	17166
Mundo	10014	9929	9979	10080	10219	10169	9982	9847

Fuente: Energy Information Administration "EIA", (1980-2008)

<b>Producción Mundial de petróleo (Colombia)</b>									
Miles de barriles diarios	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Norte América	13904	13906	14069	14193	14137	13696	13732	13638	13131
Sur y Centro América	6813	6722	6619	6314	6680	6899	6866	6636	6685
Europa y Euro Asia	14950	15450	16289	16973	17579	17541	17598	17819	17591
Oriente Medio	23516	23006	21623	23357	24788	25262	25499	25168	26200
África	7804	7897	7994	8402	9268	9846	9992	10320	10285
Asia Pacífico	7874	7813	7836	7750	7804	7845	7810	7862	7928
Colombia	711	627	601	564	551	554	559	561	618
Total World	74861	74794	74431	76990	80256	81089	81497	81443	81820

Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

<b>Consumo mundial de Gas Natural (Colombia)</b>							
Millones de TEP	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Norte América	591,1	604,5	603,0	614,9	606,1	614,6	606,9
Sur y Centro América	18,3	19,6	20,5	20,8	20,9	22,5	23,3
Europa y Euro Asia	518,6	533,9	527,8	514,1	526,6	528,9	522,7
Oriente Medio	8,7	9,0	9,0	9,1	9,1	9,3	9,4
África	92,4	97,4	103,4	100,8	102,3	105,7	110,3
Asia Pacífico	1176,1	1333,2	1502,5	1647,6	1777,2	1913,5	2031,2
Colombia	2,5	2,4	2,0	2,3	2,4	2,7	2,3
Total Mundo	2405,2	2597,6	2766,2	2907,4	3042,3	3194,5	3303,7

Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

<b>Ratio Mundial Reservas/Producción</b>				
Millones de TEP	2002	2004	2006	2008
Norte América	240	235	226	216
Sur y Centro América	404	290	246	172
Europa y Euro Asia	306	242	237	218
África y Oriente Medio	247	204	194	131
Asia Pacífico	126	101	85	64
Total Mundo	204	164	147	122
Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009				

<b>Precios Internacionales del Gas Natural</b>				
Año	European	UK	USA	Canadá
1997	2,65	1,96	2,53	1,36
1998	2,26	1,86	2,08	1,42
1999	1,80	1,58	2,27	2,00
2000	3,25	2,71	4,23	3,75
2001	4,15	3,17	4,07	3,61
2002	3,46	2,37	3,33	2,57
2003	4,40	3,33	5,63	4,83
2004	4,56	4,46	5,85	5,03
2005	5,95	7,38	8,79	7,25
2006	8,69	7,87	6,76	5,83
2007	8,93	6,01	6,95	6,17
2008	12,61	10,79	8,85	7,99
Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009				

<b>Reservas probadas de Gas Natural en el Mundo (Colombia)</b>									
Trillones de metros cúbicos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Norte América	7,54	7,69	7,38	7,38	7,47	7,83	8,00	8,88	8,87
Sur y Centro América	6,88	7,01	6,97	6,82	6,95	6,84	7,24	7,27	7,31
Europa y Euro Asia	58,47	58,35	58,21	58,41	58,04	57,90	57,61	57,39	62,89
Oriente Medio	59,15	70,89	71,76	72,36	72,35	72,80	72,75	74,17	75,91
África	12,46	13,13	13,76	13,86	14,20	14,07	14,39	14,54	14,65
Asia Pacífico	12,28	13,05	13,00	13,23	13,44	13,48	13,81	14,80	15,39
Colombia	0,13	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,11
Mundo	156,78	170,12	171,09	172,04	172,45	172,92	173,80	177,05	185,02

Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

<b>Consumo de Gas Natural en el Mundo (Colombia)</b>									
Millones de TEP	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Norte América	720	690	716	710	711	705	702	739	751
Sur y Centro América	86	90	91	96	106	111	122	124	129
Europa y Euro Asia	897	909	926	948	979	1000	1019	1024	1030
Oriente Medio	168	186	196	206	222	251	262	273	294
África	52	56	58	64	70	71	76	80	85
Asia Pacífico	265	283	297	320	335	362	385	411	437
Colombia	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total Mundo	2188	2215	2284	2345	2423	2501	2566	2652	2726

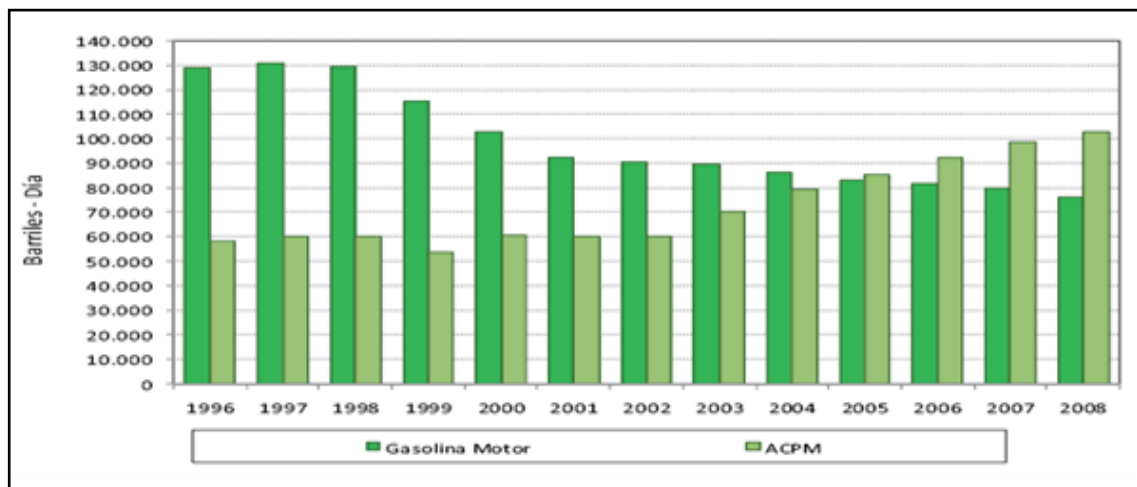
Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2009

## ANEXO B. “DOWN STREAM” DEL PETROLEO EN COLOMBIA

El Down Stream hace referencia a las actividades que se llevan a cabo en el mercado del petróleo, desde la carga del crudo hasta la terminal del transporte; así como el consumo de derivados por el usuario final. Además se analiza todo el proceso del transporte de petróleo, el abastecimiento, comercialización, refinación, distribución, su mercadeo y los productos derivados.

### ***Consumo y demanda***

Gráfica N°26. Consumo de Gasolina Motor y ACPM



Fuente UPME

En la grafica se observó, una correlación de las variables (Gasolina y ACPM) hasta el año 1999 pero esto cambió, debido a la política de la liberación de precios. La gasolina refleja una disminución del consumo porque aumentó el precio favoreciendo al ACPM.

En la actualidad se consume aproximadamente dos tercios de la gasolina demandada en 1998 que es igual a consumir 55,00 BPD menos. El aumento

progresivo de los precios del petróleo que dieron origen en 1999 y que solo a partir de los últimos meses del 2008 disminuyeron. Fue compensado por la reevaluación que se presentó a mediados del mismo año. Sin embargo lo que más llama la atención es la disminución continua del crudo frente al aumento de las ventas de vehículos.

Por otra parte, está el ACPM que por cierto se ha venido presentando como una buena opción para los consumidores debido al ahorro que representa. Con las exportaciones desde el año 2005, aumentó la demanda al punto que no se podía abastecer el mercado nacional.

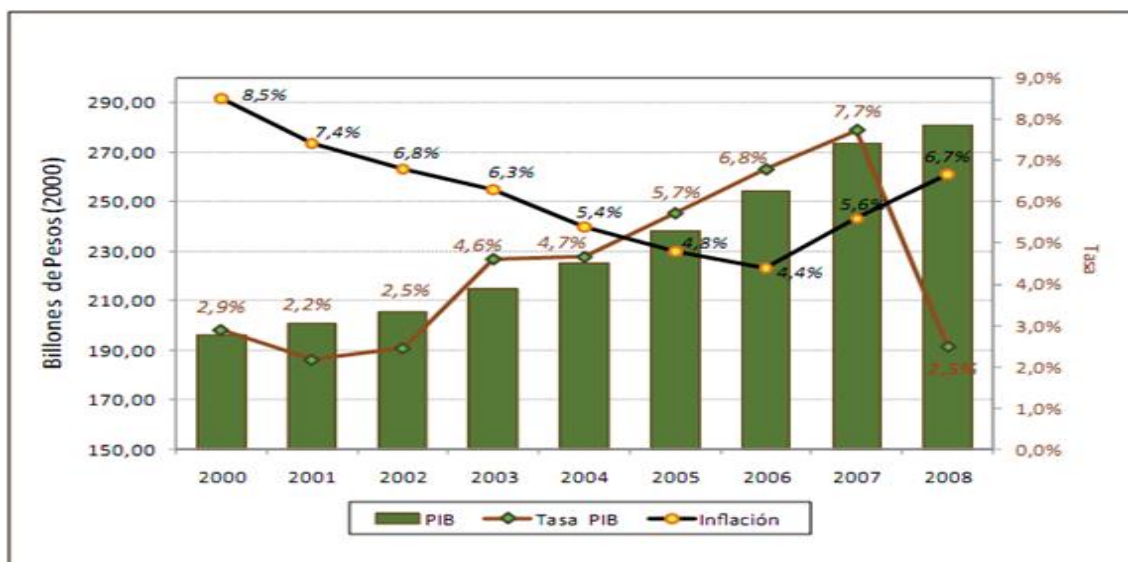
El consumo del ACPM representa un crecimiento anual del 5% donde se evidencia un cambio en el consumidor por el adquirir más ACPM que gasolina, este proceso se vio favorecido debido a las políticas reflejadas en un diferencial de precios.

### **Indicadores económicos**

Después de la crisis del sistema económico en el periodo 1998-1999, la economía Colombiana ha venido mejorando considerablemente. Sectores como el comercio y la energía eléctrica, aportaron el mayor porcentaje al crecimiento del producto interno bruto del país (PIB).

Uno de los factores que más influyo en la recuperación de las variables macroeconómicas del país fue la implementación de la política de seguridad democrática, esta política incentivo la inversión extranjera, ya que tuvo efectos positivos al reducir la variable riesgo país.

Gráfica N°16. Evolución de Indicadores Económicos



Fuente: DANE y Ministerio de Hacienda y Crédito Público

La inflación a partir del año 2000 ha mostrado una tendencia a disminuir, en este mismo año el índice de precios al consumidor se ubicó en 8.5% y para el año 2006 se registró quizás un histórico descenso del IPC, llegando a 4.48% en la variación de los precios. En el año 2007 se observó un crecimiento de este índice, que se proyectó casi de forma lineal hasta finales del 2008, en donde se consolidó en 6.7% según el departamento administrativo nacional de estadísticas DANE.

En el 2008 el grupo de bienes y servicios que más oscilaron fueron: los alimentos con una variación del 13.17%, seguido por vivienda 6.65%, educación 6.04% y transporte con 5.40%. Por otro lado, el vestuario y el esparcimiento registraron variaciones negativas con una variación de 0.25 y 0.03 respectivamente. En este año se produjo una desaceleración de la economía colombiana, principalmente afectada por la disminución del consumo en los hogares y la disminución de la inversión a causa del aumento en las tasas de interés internacional que fueron provocadas por la crisis económica internacional.

## ANEXO C. BALANZA COMERCIAL

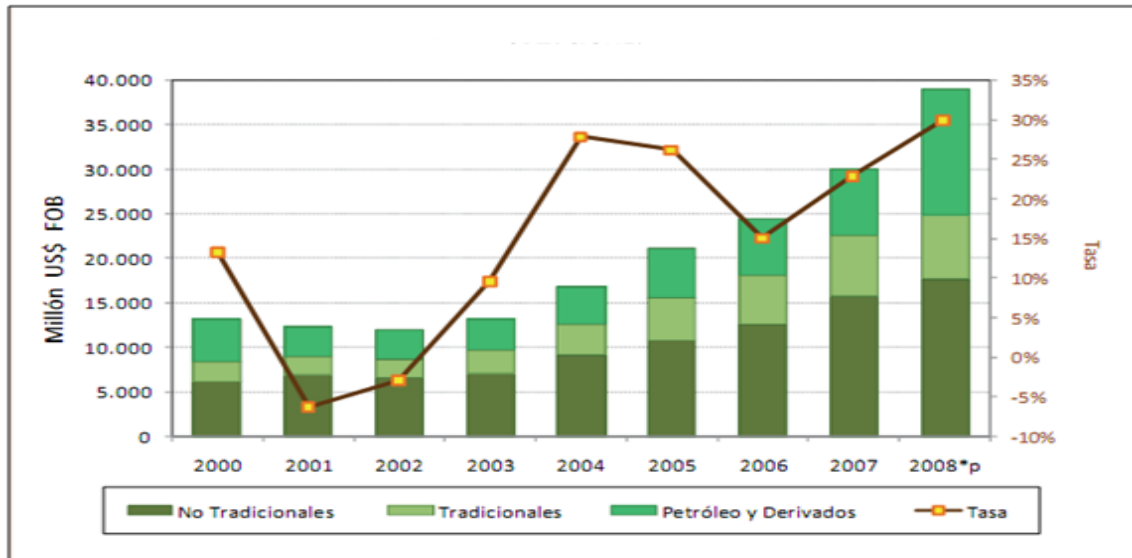
### Exportaciones Nacionales

Las exportaciones en Colombia están clasificadas en, Tradicionales y no tradicionales. Para nuestro caso particular se ha desagregado la rama de tradicionales, sacando a parte el petróleo y sus derivados.

Haciendo la respectiva aclaración, las exportaciones tradicionales son aquellas cuyos productos a lo largo de la historia han tenido una ventaja competitiva en el ámbito mundial, productos como: Café, Carbón y Ferroníquel.

Por otro lado, encontramos las no tradicionales, que son aquellos productos que comienzan a ganar cabida en los mercados internacionales; entre los productos destacados a nivel nacional por su valor agregado: el sector industrial, la fabricación de sustancias, productos químicos y otros productos minerales no metálicos.

Gráfica N°17. Evolución de las Exportaciones Colombianas



Fuente: Proexport Colombia

El comportamiento de las exportaciones durante el periodo de estudio ha sido creciente. En el año 2000 las exportaciones llegaron a 13158 millones de dólares, de los cuales las exportaciones no tradicionales correspondían al 47.20% del total, las tradicionales sin petróleo al 16.50% y el petróleo y sus derivados tenían una participación del 36.30%.

El año 2002, fue la época dentro del periodo de estudio en donde las exportaciones evidenciaron su más baja participación en la balanza comercial, esto en gran parte por la caída de las exportaciones de petróleo y derivados, que se situaron en 27.35%, casi 10 puntos porcentuales por debajo del año 2000.

Después de las caídas de las exportaciones en el año 2002, tanto las exportaciones tradicionales como las no tradicionales, han aumentado considerablemente. Vale la pena destacar dentro de las exportaciones tradicionales el aumento en la exportación de Carbón, que a partir del año 2003 su participación ha oscilado entre el 10% y el 18%.

Sin embargo es indiscutible el aumento de las exportaciones del petróleo y sus derivados. En el año 2008 alcanzo a registrar más de 4760 millones de dólares y así obtuvo una participación del total de las exportaciones de 32.46. La participación porcentual del petróleo y sus derivados a lo largo de los años se ha mantenido constante, debido al buen comportamiento de las exportaciones tradicionales como las no tradicionales.

Por último, vale la pena resaltar la participación unificada de lo que se podría denominar el “sector energético”, conformado por el petróleo, sus derivados y el carbón. Estas dos categorías hacen parte de lo que se conoce como exportaciones tradicionales y para el año 2008 la suma llegó a representar el 45.86% del total de las exportaciones de nuestro país.