



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**



## **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN.**

**LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A BASE DE MAÍZ: ALCANCES Y LIMITACIONES DE  
LA PARTICIPACIÓN DE MÉXICO EN EL MERCADO MUNDIAL DE  
AGROCOMBUSTIBLES.**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN ECONOMÍA.**

**PRESENTA:  
DIEGO CRUZ NICOLÁS.**

**ASESOR: DR. MIGUEL ÁNGEL LARA SANCHEZ.**

**Nezahualcóyotl, Estado de México.**

**2010.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## ÍNDICE GENERAL.

Índice de Gráficos	5
Índice de Cuadros	6
Agradecimientos y Dedicatorias	7
Introducción	8

### Capítulo 1

#### **Elementos teóricos para comprender el Desarrollo Sustentable y los Agrocombustibles.**

1.1 Crecimiento y desarrollo económico vs desarrollo sustentable	12
1.2 El Desarrollo Sustentable y sus dimensiones	15
1.2.1 La dimensión social	15
1.2.2 La dimensión político – institucional	16
1.2.3 La dimensión económica	17
1.2.4 La dimensión ambiental	18
1.3 El Biograma	20
1.4 Biomasa, Bioenergía, Biocombustibles y Agrocombustibles: Su definición y clasificación	24
1.4.1 Biomasa: Su definición y clasificación	24
1.4.2 Definición de Bioenergía	27
1.4.3 Definiendo y diferenciando los biocombustibles de los agrocombustibles	28
1.5 El etanol: Cultivos y rutas tecnológicas	33

### Capítulo 2

#### **Dos motivos para la promoción de los agrocombustibles: La Inestabilidad del mercado petrolero y el cambio climático.**

2.1 La oferta, la demanda y la fijación de los precios en el mercado petrolero	38
2.2 Producción mundial de petróleo	40

2.3 Exportaciones e importaciones mundiales de petróleo	41
2.4 Consumo mundial de petróleo	43
2.5 Reservas de petróleo	44
2.5.1 Clasificación de las reservas	45
2.6 Precios mundiales del petróleo	52
2.7 La importancia del petróleo en el consumo mundial de energía	53
2.8 El calentamiento global	58
2.9 La geopolítica del petróleo y el cambio climático	67

### **Capítulo 3**

#### **Descripción del mercado mundial de etanol.**

3.1 Consumo y producción de etanol en el mundo	73
3.2 El etanol: propiedades físicas y tipos de mezcla	81
3.3 Leyes que regulan el mercado de etanol en América Latina	90
3.3.1 Argentina	90
3.3.2 Bolivia	90
3.3.3 Brasil	91
3.3.4 Chile	92
3.3.5 Colombia	93
3.3.6 Costa Rica	94
3.3.7 Ecuador	95
3.3.8 Paraguay	96
3.3.9 Perú	96
3.3.10 Uruguay	97
3.3.11 Venezuela	98
3.3.12 México	99
3.3.12.1 Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos	101
3.3.12.2 Reglamento de la LPDB	103
3.3.12.3 Principales errores de la LPDB	104

## Capítulo 4

### El etanol en México: Fortalezas y debilidades de la producción a base de maíz.

4.1 Estimación del nivel de desarrollo sustentable en México 2002 – 2009	108
4.1.1 Determinación de las variables de análisis	108
4.1.1.1 Variables Ambientales	109
4.1.1.2 Variables Económicas	110
4.1.1.3 Variables Sociales	110
4.1.1.4 Relación de las variables con el nivel de Desarrollo Sustentable	111
4.1.2 Cálculo de los índices individuales para cada variable de estudio	112
4.1.3 Cálculo de los índices individuales para cada dimensión	114
4.1.4 Cálculo del Índice integrado de desarrollo	115
4.1.5 Evaluación del desempeño del DS en México 2002 – 2009	119
4.2 Viabilidad de la producción de etanol a base de maíz en México	120
4.2.1 Evaluación de la dimensión de disponibilidad	120
4.2.2 Evaluación de la dimensión de acceso	125
4.2.3 Evaluación de la dimensión de estabilidad	129
4.2.4 Evaluación de la dimensión de utilización	133
Conclusiones	137
Anexo 1: Anexo Estadístico	141
Anexo 2: Abreviaturas, Acrónimos, Siglas y patrones de conversión	157
Citas textuales	161
Bibliografía	169

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Precios del crudo 2002 – 2008	53
Relación años / reservas por país	68
Relación años / reservas por región	69
Producción mundial de etanol	74
Producción de etanol por país	76
Producción de etanol en México	77
Producción, Importaciones y demanda de etanol en Estados Unidos 2002 – 2008	79
Origen de las importaciones de etanol en Estados Unidos por país	80
Consumo de etanol y biodiesel en la Unión Europea	80
Producción, suministro y déficit nacionales de maíz	121
Suministro de maíz y sus principales destinos	121
Exportaciones de maíz	122
Importaciones de maíz	123
Índice de oferta de energía alimentaria per cápita	123
Superficie de tierra disponible para producción de etanol	124
Incidencia de la pobreza nacional	126
Pobreza rural	127
Distribución de la población rural por nivel educativo	127
Pobreza alimentaria por estado	128
Precio del petróleo de exportación	129
Precios internacionales del etanol	129
Precio internacional del maíz	130
Precios de la gasolina y el etanol en México	133

## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1: Producción Mundial de Petróleo Crudo por Región 1999 – 2008	142
Cuadro 2: Exportaciones Mundiales de Petróleo Crudo por Región 1999 – 2008	142
Cuadro 3: Exportaciones Mundiales de Productos Refinados por Región 1999 – 2008	143
Cuadro 4: Destino de las Exportaciones de Petróleo Crudo OPEP 2000 – 2008	144
Cuadro 5: Consumo Mundial de Productos Refinados por País 2004 - 2008 (1000 b/d)	145
Cuadro 6: Reservas Mundiales de Petróleo Crudo por País 2004 – 2008	147
Cuadro 7: Producción de etanol por país 2004 – 2009	149
Cuadro 8: Demanda de Etanol en Estados Unidos 2002 – 2008	150
Cuadro 9: Origen de las Importaciones de Etanol en Estados Unidos por país 2002 – 2007	151
Cuadro 10: Consumo de Etanol y Biodiesel en la Unión Europea 2005	151
Cuadro 11: Base de datos para el cálculo de indicadores del Biograma	151
Cuadro 12: Indicadores Biograma	153
Cuadro 13: Indicadores de disponibilidad para la UA por tipo de cultivo: Maíz	154
Cuadro 14: Indicadores de Pobreza Nacional	154
Cuadro 15: Pobreza por Ingresos (alimentaria) (% de personas)	155
Cuadro 16: Precios del Petróleo Crudo 2000 – 2008	155
Cuadro 17: Precios de los indicadores para la dimensión de estabilidad	156

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS.**

Agradezco de manera muy especial a mi familia, a mis padres Isabel Nicolás y Zenén Cruz; y mis hermanos Raúl y Jorge por el apoyo brindado durante todos estos años. También agradezco al profesor Miguel Ángel Lara quien se tomó la molestia de dirigir esta tesis y hacerme sus valiosas observaciones.

Esta tesis está dedicada a todas aquellas personas que en algún momento han hecho más agradable mi existencia. Muy en especial a mis dos grandes amigas de siempre, la Lic. Guadalupe García y la Lic. Hellen Castañeda y a mi mejor amigo de la Fes Aragón Jorge Lucero.

También la dedico a los buenos camaradas del CEDEP, a Liliana, Pablo y Norma. A mis buenos amigos del barrio a Raymundo, Gonzalo, Alfredo, Mario, Pancho, Carmen y Chela. A mis ex compañeros de CAME a Carmen, Leticia y Juan José.

También la dedico a mis compañeros de trabajo a Daniel, Mario, Félix y Alejandro Galicia, y a las promotoras Claudia y Gina. Dedicada de manera especial a mi amiga y valedora Luz Villegas.

Asimismo quiero dejar constancia de agradecimiento al profesor Jaime Linares; a mi amiga la profesora Judith Maldonado y a todos los miembros del grupo de estudio de agrocombustibles y a los miembros del CLAES de quienes aprendí mucho del tema a través de sus publicaciones y talleres a distancia.

Finalmente quiero dedicar muy especialmente a una persona a quien aprecio y quiero mucho, a mi amiga Ana Laura Maya.

A todos ellos y a quienes haya olvidado mencionar y que en algún momento estuvieron conmigo. Gracias por alegrarme la vida.



## INTRODUCCIÓN.

En la actualidad para que cualquier país logre incrementar el volumen de su actividad económica necesita de los tres factores básicos (tierra, trabajo y capital) para la producción de bienes y servicios; adicionalmente a estos factores hay quienes agregan un factor más (el llamado capital humano). Pero partamos de la idea de los tres insumos básicos para la producción, desde este punto de vista, la energía solo esta considerada como un insumo intermedio en la producción; pero no podemos pasar por alto la importancia que tiene la energía en el crecimiento de las empresas y de los países; no podríamos hablar de un aumento en la actividad económica que no necesite de la energía.

Y no solo en la producción de mercancías, sino también en el transporte de estas a los centros de distribución de consumo final, y que irónicamente tiene mayores requerimientos que la producción; hasta nuestros días el petróleo sigue siendo la principal fuente de abastecimiento en estas y otras muchas actividades. Pero si observamos el comportamiento de los precios mundiales del petróleo, podemos percatarnos de que existe incertidumbre en torno a ellos; este comportamiento obedece a diversos factores, entre los que se cuentan el agotamiento de las reservas probadas de petróleo en algunos países, la incertidumbre en Medio Oriente y las tensiones que existen entre las distintas regiones; estos factores se encuentran supeditados e interrelacionados entre sí.

Estos acontecimientos han incentivado a los países industrializados, quienes tienen mayores requerimientos de combustible, a buscar nuevas fuentes de abastecimiento basadas en energías renovables. Es en este contexto en el que ha tenido auge el interés por aumentar la producción de biocombustibles; entre los que encontramos el etanol, particularmente algunos países latinoamericanos y en especial aquellos que son deficitarios en recursos fósiles, han visto en esto la oportunidad no solo de satisfacer su consumo doméstico sino de cubrir aquellos mercados demandantes de etanol.

En México es reciente el interés por producir etanol, debido a que hay varias formas de obtenerlo, el presente trabajo sólo analiza su producción a base de maíz. Considero importante el estudio de este tema, debido a que indudablemente las decisiones que se tomen en el país acerca de este

van a tener impactos económicos trascendentales, que se van a ver reflejados en los diferentes sectores de la población de forma positiva para unos y de forma negativa para los otros.

Actualmente el déficit en balanza comercial que muestra México, así como el atraso que muestra el campo mexicano, hacen necesario debatir la viabilidad de destinar maíz para producir etanol. El objetivo del trabajo es hacer un análisis de las ventajas y desventajas que resultarían si se opta por producir etanol a base de maíz; el tema se encuentra en actual discusión en el país y diversos sectores de la población dan sus comentarios (gobierno, empresarios, académicos, movimientos sociales). El presente trabajo, pretende contribuir a hacer más extenso este debate y sentar las bases de los aspectos más relevantes que se tienen que tomar en consideración si se quiere profundizar más en este análisis.

Por el momento histórico en el que se ubica esta problemática podemos decir que es un tema de actualidad cuyo estudio y análisis es necesario, ya que las decisiones que se tomen al respecto en el presente, solo se verán reflejadas en el futuro por lo que es necesario para los economistas dar recomendaciones que lleven a la toma de decisiones acertadas.

El trabajo se divide en cuatro capítulos, en el primer capítulo se estudian los aspectos teóricos del Desarrollo Sustentable y de los agrocombustibles; el estudio del Desarrollo Sustentable se divide en el estudio de las cuatro dimensiones que lo componen (Social, Político – Institucional, Económica y Ambiental); por otra parte para definir el concepto de agrocombustibles, antes es necesario definir otros términos indispensables para entender el estudio de los agrocombustibles como son la biomasa, la bioenergía y los biocombustibles.

En el capítulo dos se discute la justificación por el interés de los agrocombustibles, esto incluye el estudio del mercado petrolero y el cambio climático global; el estudio del mercado petrolero abarca el comportamiento de sus principales indicadores (oferta, demanda y precios). En el estudio del cambio climático, se muestran aspectos del estado actual del planeta así como los posibles escenarios en los próximos años; finalmente se concluye cual de los dos aspectos ha tenido mayor influencia en el desarrollo de los agrocombustibles.

El capítulo tres es una breve descripción del mercado de etanol a nivel mundial, muestra los principales productores y consumidores de este “nuevo” combustible, se detallan algunas características del país pionero en la producción de agrocombustibles (Brasil); así como algunos aspectos técnicos de la producción de etanol, finalmente se muestran las leyes que regulan o regularán en el futuro cercano la producción de los agrocombustibles.

Ya por último en el capítulo cuatro se estudia la viabilidad de producir etanol con maíz para el caso específico de México; este estudio se dividió en dos partes, primero se estimó el nivel de Desarrollo Sustentable para el caso de México; para posteriormente debatir la viabilidad de la producción de etanol en base al maíz en sus cuatro dimensiones (disponibilidad, acceso, estabilidad y utilización). Esta forma de abordar el tema permite observar de forma clara las fortalezas y debilidades del país en este tema así como hacer recomendaciones en relación a estas.

# **CAPÍTULO 1.**

## **ELEMENTOS TEÓRICOS PARA COMPRENDER EL DESARROLLO SUSTENTABLE Y LOS AGROCOMBUSTIBLES.**

## 1.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO ECONÓMICO VS DESARROLLO SUSTENTABLE.

La primera parte de este capítulo, esta dedicada a exponer la teoría en la cual se sustenta la presente investigación, me refiero al Desarrollo Sustentable (DS). Comenzaré por proponer una serie de preguntas a las cuales daré respuesta a lo largo de estas páginas. El objetivo principal de esta segunda parte es responder dos cuestiones; ¿Qué es el desarrollo sustentable?, y ¿Por qué el uso de la teoría del desarrollo sustentable?

Para comprender lo que es el desarrollo sustentable es necesario anotar algunos antecedentes. Los temas de desarrollo y crecimiento han sido temas de discusión y preocupación desde los economistas clásicos (Adam Smith, David Ricardo, Malthus, Marx, etc.) cada uno desde su punto de vista estudió la forma en que crece la economía. El objetivo de este capítulo no es hacer un recuento histórico de las explicaciones del crecimiento y el desarrollo económico a lo largo de la historia; motivo por el cual me limitaré a diferenciar y definir los conceptos de crecimiento y desarrollo económico para a la vez diferenciarlos de la definición de desarrollo sustentable.

Comenzaré por definir al crecimiento económico, entendemos a este como una ampliación de la actividad económica, situados en periodos de corto plazo y que por ende no implican cambios en la estructura económica; cuando estudiamos el crecimiento económico lo que interesa analizar es la eficiencia productiva, la cantidad de producto y la ganancia final; así por ejemplo podemos medir el crecimiento económico de un país comparando el crecimiento porcentual del Producto Interno Bruto (PIB) de un año con respecto al año anterior.

Por su parte, el estudio del desarrollo implica el análisis de las tendencias de largo plazo lo que implica evaluar el cambio de las estructuras, haciendo énfasis en los aumentos en la productividad del trabajo, así como los aumentos en los flujos de ingreso. Perroux definió el desarrollo de la siguiente forma “la combinación de cambios mentales y sociales de una población que la capacitan para hacer crecer, acumulativa y duraderamente, su producto real global”<sup>1</sup>. Vemos así que esta concepción supera a la del crecimiento económico.

Ahora que quedan definidos estos conceptos podemos definir y diferenciarlos del tema que nos ocupa. Las teorías del desarrollo económico aunque van más allá del crecimiento económico se siguen quedando en el plano económico. La idea de desarrollo sustentable va más allá de ocuparse solo por una dimensión e implica un estudio multidisciplinario. Las teorías del desarrollo pasan por alto el hecho de que entre los factores productivos necesarios para el crecimiento y desarrollo hay recursos que son renovables y otros que no lo son, es esta la primera crítica que el desarrollo sustentable hace a estas explicaciones.

El desarrollo sustentable (DS) tiene sus antecedentes en la década de los setenta en la Comisión de la ONU conocida como la Comisión de Brundtland y que debe su nombre a quien entonces presidía dicha Comisión, la ministra de Medio Ambiente de Noruega Gro Harlem Brundtlan; esta comisión emitió su informe en el año de 1987, y es en donde por primera vez se utiliza el término desarrollo sustentable; de acuerdo a este informe se le define “como el proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas”<sup>2</sup>.

Dicho informe arrojó un diagnóstico preocupante del estado del planeta; pero fue hasta la década de los noventa que el tema del desarrollo sustentable comenzó a cobrar verdadera importancia a través de la Cumbre de Río (o Cumbre de la Tierra) en 1992, dicha Cumbre se llevó a cabo del 3 al 14 de Junio de 1992. En ella participaron 172 países (con 108 jefes de Estado) y 2,400 representantes de organizaciones no gubernamentales. De esta Cumbre se generaron diversos documentos entre los que podemos encontrar:

- Agenda 21
- Declaración de Principios Forestales
- Convención para un Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático
- Convención de las Naciones Unidas sobre la diversidad biológica
- Declaración de Río sobre Medioambiente y Desarrollo.

De acuerdo a estos documentos cada país debería de elaborar sus estrategias y asimismo vigilar su cumplimiento.

Hemos visto algunos antecedentes del desarrollo sustentable; actualmente el tema es más que conocido y discutido; abordo el tema de estudio desde este enfoque debido a que este nos ofrece un estudio amplio de las diferentes dimensiones que forman la realidad (social, económica, político-institucional y ambiental). El desarrollo sustentable no se limita a una explicación económica como lo venían haciendo las explicaciones del desarrollo económico olvidando la finitud de algunos recursos necesarios para el crecimiento. A continuación cito algunas definiciones del DS.

Américo Saldívar lo define “como la capacidad de las generaciones presentes para atender y satisfacer sus necesidades legando a las generaciones futuras un ambiente sano y limpio, con recursos naturales suficientes para enfrentar y cubrir sus propias necesidades de desarrollo y bienestar”<sup>3</sup>.

El Dr. Hernando Guerrero nos dice “Desarrollo Sustentable – desde la perspectiva ambiental – significa satisfacer las necesidades actuales de la sociedad sin afectar las posibilidades vitales de las siguientes generaciones. En otras palabras, es preciso que al obtener recursos de la naturaleza para atender las necesidades presentes, no se afecte el desarrollo futuro”<sup>4</sup>.

El Dr. Octavio Rivero nos dice “el desarrollo sustentable es aquel que se mide en satisfactores sociales como la salud, el acceso a la educación y al empleo, la seguridad, la justicia social y el respeto por los derechos humanos. Es aquel que se logra en términos de preservación del medio ambiente, cuando estos factores sean parte esencial del mismo”<sup>5</sup>.

Por último cito la postura del IICA quien lo define “desde una perspectiva de corte ecológico y ético, se plantea el Desarrollo Sustentable (DS) como una relación entre sistemas ecológicos de mayor cobertura y dinamicidad, en los cuales se afiancen los siguientes elementos: a) que la vida humana pueda continuar indefinidamente; b) que las individualidades humanas tengan la capacidad de crecer y multiplicarse; c) que las particularidades culturales puedan sobrevivir; d) que las actividades humanas se procesen dentro de límites que no pongan en peligro la diversidad, complejidad y funciones del sistema ecológico que sirve de base a la vida”<sup>6</sup>.

## 1.2 EL DESARROLLO SUSTENTABLE Y SUS DIMENSIONES

Como se infiere de las definiciones anteriores el DS tiene un carácter multidisciplinario que escapa de ser un análisis puramente económico y que abarca los temas económico, social, político – institucional y por supuesto el ambiental; cada uno de estos aspectos forma lo que se conoce como una dimensión.

Lo que interesa saber ahora es lo que engloba la definición de DS y los requisitos necesarios para poder decir que algo se sustenta en criterios de sustentabilidad; decía que los diversos temas de análisis se conocen como dimensiones; a continuación expondré cada una de ellas.

### 1.2.1 LA DIMENSIÓN SOCIAL.

Esta dimensión, hace referencia a la población en general, así como a su “forma de organizarse y de participar en los procesos de desarrollo....tiene como fundamento el principio de que la población debe comandar su propio proceso de desarrollo”<sup>7</sup>; todo esto sin ignorar las propiedades socioculturales como son la diferencia de género, edad y diversidad étnica (religión, cultura).

Esta dimensión parte del supuesto de la capacidad que los diferentes grupos de interés tienen para poder llegar a acuerdos y perseguir los mismos fines debido a necesidades comunes, en donde las propiedades socioculturales pueden ser articuladas en un tejido social que ayude a conseguir este fin común (el desarrollo sustentable).

Es por ello que esta dimensión se centra en el recurso humano como actor del desarrollo “cuyo potencial de transformarse y transformar el medio ambiente que lo circunda, generando bienes y también deteriorando su base de recursos naturales, lo posiciona en el centro del escenario”<sup>8</sup>. Es por esto que esta dimensión se vincula a la económica, ya que la capacidad y habilidad de dichos actores para combinar los factores de producción, debe tener como resultado la generación de bienes para satisfacer sus necesidades individuales, pero así mismo obtener un excedente comercializable.



Por lo anterior se hace énfasis en el capital humano de las poblaciones, entendido este como “el bagaje de conocimiento, información, capacidades y destrezas formadas en poblaciones específicas”<sup>9</sup>, pero a su vez, es necesario desarrollar aún más el capital humano para lograr procesos más eficientes y competitivos tanto en términos económicos como ambientales.

Toma entonces sentido e importancia la incorporación del tema del género en esta dimensión, pero esta incorporación no va encaminada hacia la búsqueda de soluciones “asistencialistas”, sino más bien va orientada a la participación femenina en el sector agrícola y en el ámbito rural de forma estructural y permanente. Así mismo, se plantea la importancia de la participación de los jóvenes en términos de las ventajas comparativas que estos poseen para la formación de capital humano para elevar la competitividad (formación de cadenas agroalimentarias, así como la incorporación de nuevas tecnologías).

### **1.2.2 LA DIMENSIÓN POLÍTICO - INSTITUCIONAL.**

Como se puede deducir fácilmente, esta dimensión esta vinculada a la dimensión social; la dimensión político institucional se basa en el supuesto de que “la democracia viabiliza la reorientación del camino del desarrollo y, por lo tanto, la reasignación de recursos hacia diferentes actividades y grupos sociales”<sup>10</sup>.

Lo anterior se cimienta en el principio de que el sistema institucional público existente, (el cual involucra al sistema institucional público y privado, a las organizaciones no gubernamentales y a las organizaciones gremiales y grupos de interés) debe responder a las características del sendero de desarrollo escogido. Es por ello que esta dimensión toma particular interés en el proceso de democratización y la participación ciudadana, aspectos que se logran a través de la negociación de los diversos grupos de interés y cuyos resultados tangibles de estas negociaciones deben de ser “la clase y el volumen de recursos asignados a varios programas, proyectos y obras específicas que, de una u otra forma, beneficiarán a los territorios que, en mayor o menor medida, satisfecerán las demandas y necesidades de diferentes grupos”<sup>11</sup>.

En resumen el objetivo que persigue esta dimensión es lograr que la sociedad civil sea quien de verdad tome las decisiones de desarrollo es decir “que la comunidad organizada defina sus

principales problemas, identifique los servicios requeridos para enfrentar estos problemas, proponga soluciones alternativas en las cuáles estarán dispuestas a participar”<sup>12</sup>, esto se logra a través de foros de discusión de los diferentes grupos de interés en los diferentes niveles (municipal, estatal y nacional), lo cual requiere el proceso de descentralización del aparato público y el fortalecimiento de los gobiernos locales. En este sentido el sector público (representado por el Estado), solo debe actuar como arbitro, promotor y agente del desarrollo sustentable.

### **1.2.3 LA DIMENSIÓN ECONÓMICA.**

Esta dimensión hace referencia a la capacidad productiva y el potencial económico de los territorios, engloba los tres sectores económicos (primario, secundario y comercial) así como las interfaces y procesos que se presentan en cada uno de ellos. Se centra en el estudio de las cadenas agroalimentarias como unidad de análisis fundamental, “esta dimensión abarca técnicas y tecnologías específicas, es decir insumos y maquinaria, utilizados en la producción agropecuaria y forestal”<sup>13</sup>.

Otro aspecto importante que debe considerarse en esta dimensión es la capacidad de gestión de los productores, ya que esto condiciona la transición hacia estadios más modernos y complejos, es decir, el uso de nuevas tecnologías; el uso de estas debe tener como finalidad garantizar al consumidor final la oferta de bienes de alta calidad pero que a la vez la producción de estos sea amigable con el medio ambiente.

Asimismo, una vez más esta dimensión hace énfasis en la participación de las mujeres y la juventud, especialmente en las economías que se encuentran en vías de desarrollo; el papel de estos actores es lograr una transición hacia una agricultura más especializada, que logre su inserción en el proceso de globalización para que las oportunidades de empleo no agrícola que este proceso genera puedan ser aprovechadas.

En este contexto de una economía globalizada se debe reconocer que este proceso “ha conllevado parámetros transnacionales de calidad de productos, por ejemplo, que se vincula a la gestión ambiental de la producción, y al derecho de los consumidores a adquirir productos ambientalmente sanos o “libres” de agroquímicos”<sup>14</sup>. Es por esta razón que la producción de

bienes y servicios debe estar regida por sistemas de gestión ambiental, los cuales son parte de estudio de la dimensión ambiental.

Por último en el estudio de la dimensión económica es importante anotar y reconocer que también se debe prestar una atención especial a las llamadas tecnologías tradicionales, “en las cuales es posible, en muchos casos, encontrar solución a determinadas contradicciones que genera la tecnología de punta y las externalidades ambientales que resultan de su aplicación”<sup>15</sup>. Estas tecnologías pueden convertirse en un elemento valioso en términos de competitividad en aquellos mercados incluidos en la dinámica de la globalización.

#### **1.2.4 LA DIMENSIÓN AMBIENTAL.**

Desde la perspectiva ambiental el DS depende de “la capacidad que tengan los actores institucionales y los agentes económicos para conocer y manejar de manera integral, con una perspectiva de largo plazo, la dotación de recursos naturales”<sup>16</sup>.

“Se debe reconocer que recursos como el agua, el suelo, la biodiversidad y las poblaciones humanas están estrechamente relacionados, de manera que un cambio en uno de ellos genera cambios en los otros”<sup>17</sup>. Estas relaciones en muchas ocasiones llevan a desequilibrios que incluso pueden transgredir las fronteras nacionales, es por esto necesario trabajar bajo el concepto de Manejo Integrado de Recursos Naturales (MIRN).

En este sentido el papel que tienen los actores económicos es lograr la sustentabilidad en el manejo de la base de los recursos naturales y depende de estos su uso eficiente, es por esta razón que ya antes ponía como requisito la capacidad que cada uno de estos actores tiene para lograr un manejo adecuado de estos recursos; estos actores junto con las instituciones locales y los gobiernos deben vigilar y dar seguimiento en aquellos casos que surgen desequilibrio para poder corregirlos y en casos de situación de equilibrio vigilar que la producción se siga dando en esas condiciones.

De lo anterior se concluye que “cualquier actividad productiva que se promueva debe adecuarse a un conjunto de parámetros que aseguren el manejo racional e integral del acervo de recursos

naturales”<sup>18</sup>. Esto se logra a través de la implementación de los llamados sistemas de gestión ambiental los cuales los podemos entender “como mecanismos por medio de los cuales los mercados, locales e internacionales, pueden reconocer una forma de producción comprometida con los objetivos del DS”<sup>19</sup>.

Existen diversos Sistemas de Gestión Ambiental, de los cuales cada uno de ellos cuenta con herramientas, características o normativas jurídicas propias pero que de acuerdo con el IICA persiguen cuatro objetivos básicos.

- La calidad del producto.
- La gestión ambiental de los procesos.
- La inocuidad de los alimentos.
- La accesibilidad al consumidor en términos de precio.

De todo lo expuesto se puede concluir que para que la producción de algún producto o servicio se pueda considerar sustentable debe cumplir con los requisitos que engloban las cuatro dimensiones y que a grandes términos se podría definir como aquella producción donde los actores económicos controlan el manejo de la producción minimizando los impactos ambientales que resultan de la utilización de la base de recursos; lo cual se logra con la participación de las instituciones y gobiernos a través del establecimiento de sistemas de gestión ambiental.

Desde el punto de vista energético y en particular el estudio de la producción de etanol, resulta muy conveniente abordar el tema de estudio desde este enfoque, ya que la producción de este agrocombustible se desarrolla en los territorios rurales y abarca los siguientes puntos.

- El avance de la frontera agropecuaria: Dado que los cultivos destinados a combustibles pueden darse por un lado sobre tierras que ya están bajo explotación agropecuaria, o bien invadiendo áreas silvestres para convertirlas a la agricultura, se hace necesario estudiar que tipo de tierras serán utilizadas para la generación de etanol.
- El conflicto con la producción de alimentos: Es necesario estudiar si el país cuenta con la superficie de tierras disponibles para cultivar el maíz necesario, para la producción de alimentos y etanol.

- Impactos ambientales: Dado que el principal argumento que han utilizado los países que promueven el uso de etanol se centra en este aspecto, es necesario comprobar si en verdad la cantidad de energía que se obtiene de este agrocombustible, es mayor a la requerida para su cultivo y producción; tal que esto se traduzca en una disminución de los gases de efecto invernadero. Asimismo en este punto deben considerarse los sistemas de gestión ambiental por los cuales debe regirse la producción.
- La toma de decisiones de forma democrática: Como se expuso, es necesario crear consensos con los cuales los agentes involucrados salgan beneficiados, sobre todo aquellos a quienes involucra directamente (sector rural).
- Tecnología utilizada: Es preciso analizar que tipos de tecnología se deben utilizar, así como la infraestructura necesaria para la producción de este combustible, es necesario analizar si se cuenta con la tecnología necesaria y en caso contrario quienes invertirán en ella.
- Competitividad con respecto al petróleo: Es necesario estudiar que el combustible obtenido de Etanol a base de maíz sea competitivo en términos de precio con respecto al petróleo (gasolina).

### 1.3 EL BIOGRAMA

Como complemento a los elementos conceptuales del Desarrollo Sustentable, el IICA adopto la tarea de crear una herramienta que permitiera su medición, esto tuvo como resultado la “Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de los territorios rurales” o “Biograma”, el cual, el mismo IICA lo describe de la siguiente forma; “se ha denominado Biograma al diagrama multidimensional que representa gráficamente el “estado de un sistema”. Dicha imagen representa el grado de desarrollo sostenible de la unidad de análisis en cuestión, sus aparentes desequilibrios entre las diferentes dimensiones y, por ende, los posibles niveles de conflicto existentes”<sup>20</sup>.

Para la elaboración del Biograma, lo que primero se hace es determinar la Unidad de Análisis (UA) que se desee estudiar, esta puede ser un país, un estado, un municipio, etc.; posteriormente se determina el numero de dimensiones a estudiar (estas pueden ser la social, político – institucional, económica y ambiental). A continuación se seleccionan y se determina el número de indicadores que se han de utilizar en el estudio de cada dimensión (la metodología no establece un número

fijo ni los indicadores que se han de utilizar siempre que estos sean representativos y el número de indicadores sea más o menos similar para cada dimensión).

La metodología deja a criterio de quien la utiliza el período de tiempo (puede ser 5, 8, 10 u 11 años, etc.); así mismo, también deja abierto a criterio de cada usuario el como han de ser las observaciones temporales (meses, años, etc.). En cuánto a las observaciones temporales un “punto importante a considerar es la disponibilidad de los datos....Para ciertos indicadores la recolección de la información ha venido efectuándose desde hace poco tiempo, por lo que ello puede ser un problema si se pretende realizar el análisis para el largo plazo. En otros casos, debido a diversas situaciones, no se ha podido recolectar la información para ciertos períodos....De esta forma, aunque cierto indicador se considere representativo de la dimensión, no debería ser incorporado si presenta demasiadas interrupciones o vacíos de datos. No obstante, si la información está incompleta parcialmente, es posible repetir el dato del año más cercano o bien, aproximar el valor que hace falta mediante una ecuación lineal”<sup>21</sup>.

Una vez que se tienen los indicadores se determina la relación que guardan con el DS, es decir si un aumento en la variable representa una mejoría en el nivel de DS se tiene una relación positiva y viceversa, si un aumento en la variable representa u deterioro en el nivel de DS se tiene una relación negativa. Una de las grandes ventajas de la metodología es que nos permite estandarizar diferentes tipos de medidas a una escala común. Para esto tenemos las formulas 1 y 2.

1.  $f(x) = \frac{x-m}{M-m}$ .....Para indicadores donde la relación es positiva.
2.  $f(x) = \frac{x-M}{m-M}$ .....Para indicadores donde la relación es negativa.

Donde:

- $x$  = Valor correspondiente de la variable o indicador para una unidad de análisis determinada en un período determinado.
- $m$  = Valor mínimo de la variable en un período determinado.
- $M$  = Valor máximo en un período determinado.

De las formulas 1 y 2 se deduce que es necesario establecer valores máximos y mínimos; en cuanto a este punto la metodología es abierta y permite optar por alguna de las fuentes que se

enumeran a continuación, o bien simplemente tomar el número mayor de las observaciones como un máximo y el número menor como un mínimo.

- Valores observados (Valores extremos).
- Límites de fluctuación (Porcentaje de acumulación)
- Porcentajes de acumulación (Niveles óptimos).

En caso de que se decida aplicar alguna de las fuentes enumeradas, será necesaria la utilización de las siguientes fórmulas.

$$\alpha = (d/50) * (\%/2) \dots\dots\dots(3)$$

$$VEI = \bar{X} - \alpha \dots\dots\dots(4)$$

$$VES = \bar{X} + \alpha \dots\dots\dots(5)$$

Donde: d = distancia desde el promedio de las observaciones temporales hasta el valor más lejano.

% = Porcentaje de acumulación escogido por el usuario para cada uno de los indicadores.

VEI = Valor Extremo Inferior.

VES = Valor Extremo Superior.

$\bar{X}$  = Media.

Las formulas 3, 4 y 5 se utilizan si se decide utilizar porcentajes de acumulación. Esta técnica supone que la media de las observaciones se ubica en el percentil 50. Para encontrar los niveles óptimos la metodología se basa en los principios teóricos del concepto económico de rendimientos marginales. Estos serán decrecientes cuando “aumentos o disminuciones a partir de un punto óptimo tienen un peso relativo menos que proporcional (a partir del cambio en la concavidad de la curva)”<sup>22</sup>; mientras que serán crecientes para “aquellos indicadores que presenten impactos más que proporcionales a partir de un punto dado”<sup>23</sup>.

$$W(y) = \begin{cases} y, \\ \sqrt{yy^*}, \text{ si } y \leq y^* \dots\dots(6) \text{ Para indicadores con relación (+); rendimientos decrecientes.} \end{cases}$$

$$W(y) = \begin{cases} y, \\ \sqrt{yy^*}, \text{ si } y^* \leq y \dots\dots(7) \text{ Para indicadores con relación (-); rendimientos decrecientes.} \end{cases}$$

$$W(y) = \begin{cases} y, \\ \sqrt{My^*}, \text{ si } y \leq y^* \dots\dots(8) \text{ Para indicadores con relación (+); rendimientos crecientes.} \end{cases}$$

$$W(y) = \begin{cases} y, \\ \sqrt{my^*}, \text{ si } y^* \leq y \dots\dots(9) \text{ Para indicadores con relación (-); rendimientos crecientes.} \end{cases}$$

Donde: y = Valor esperado.....Ecuaciones 6 y 7

y = Valor observado....Ecuaciones 8 y 9

y\* = Valor óptimo.

M = Nivel máximo en un período determinado.

m = Nivel mínimo en un período determinado.

Una vez determinados los valores máximos y mínimos se calculan los índices individuales para cada dimensión, así como el índice integrado; para lo cual empleamos las siguientes formulas.

$$SD = 1 / nD * \sum_{i=1}^{nD} I_i \dots\dots\dots(10)$$

M

$$S3 = \sum_{D=1}^M (B_D / 100) S_D \dots\dots\dots(11)$$

$$S3 = BA/100 SA + BE/100 SE + BS/100 SS \dots\dots\dots(12)$$

Donde: D = Dimensión

D

I = Indicador de la dimensión D

i

nD = Numero de Indicadores.

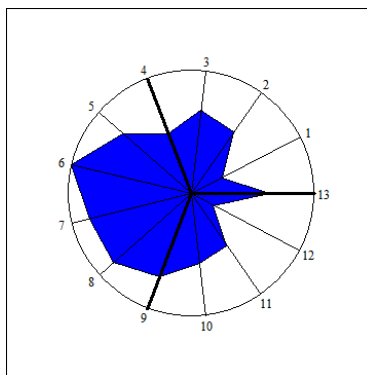
B = Porcentaje de importancia de cada dimensión.

S = Índice individual de cada dimensión.



Finalmente solo resta anotar que el Biograma se representa a través de un gráfico en forma de telaraña (Figura 1), en el cual cada radio (eje) simboliza un indicador. En el caso de la figura uno hay trece indicadores. “Cada uno de los radios del círculo tiene un valor de 1, por lo que el valor de cada indicador individual variará entre 0 y 1, siendo 0 el nivel mínimo de desempeño y 1 el máximo”<sup>24</sup>.

Figura 1: Representación gráfica del Biograma.



#### **1.4 BIOMASA, BIOENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES Y AGROCOMBUSTIBLES: SU DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.**

Como complemento a los fundamentos teóricos en los que se cimienta esta tesis, es necesario definir algunos conceptos básicos para comprender a que nos referimos cuando hablamos de biomasa, bioenergía, biocombustibles y agrocombustibles. Parece ser que estos términos se podrían usar o en ocasiones se usan indiferentemente los unos de los otros para referirse a un tipo de energía renovable, pero aunque las diferencias entre ellos sean sutiles es necesario hacerlas notar para tener una lógica que nos ayude a comprender mejor el tema de estudio; comencemos por definir a la biomasa, existen varias definiciones de este término, a continuación expondré algunas de ellas.

##### **1.4.1 BIOMASA: SU DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.**

De acuerdo con el IDAE quien toma como referencia la Especificación Técnica Europea CEN/TS14588; la biomasa se puede definir como “todo material de origen biológico excluyendo

aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”<sup>25</sup>.

Otra definición corta y un poco más completa la propone la FAO, esta la define de la siguiente forma; “biomasa es un material de origen biológico (salvo el material fósil incrustado en las formaciones geológicas) como los cultivos energéticos, los desechos y subproductos agrícolas y forestales, el abono y la biomasa microbiana”<sup>26</sup>.

Por su parte, el CIEMAT nos ofrece una visión más completa definiéndola como “el conjunto de la materia orgánica, de origen vegetal o animal y los materiales que proceden de su transformación natural o artificial. Incluye específicamente los residuos procedentes de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera. Están, además, los llamados cultivos energéticos para la producción de biomasa lignocelulósica, orientada a su aplicación mediante combustión o gasificación. Así mismo, también se pueden considerar una fuente de energía de biomasa los gases generados en los vertederos (como el metano, un gas natural) y otros residuos como los aceites fritos”<sup>27</sup>.

Por último cito la postura del CLAES, quien nos dice “consideraremos a la biomasa como un tipo de energía renovable que almacena la energía solar en forma química en materiales de origen animal o vegetal. Esta característica, la de ser “energía química” es lo que primero diferencia a la biomasa de las otras fuentes de energía....En otras palabras, la biomasa es toda aquella materia que no hace mucho tiempo tuvo vida y que mediante diferentes procesos, produce energía. Y decimos no hace mucho tiempo” para diferenciarla de los combustibles fósiles, petróleo, carbón y gas natural, que también tienen su origen en vegetales y animales pero que se han fosilizado y mineralizado con el transcurso de millones de años.... Es uno de lo más valiosos y versátiles recursos de la tierra, ya que puede utilizarse para producir diferentes formas de energía por su uso tal cual o mediante transformaciones”<sup>28</sup>.

De todo lo expuesto podemos concluir que biomasa se refiere a toda la materia orgánica susceptible de ser aprovechada como recurso energético, y que tiene ese carácter de energía renovable ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar almacenada por medio de la fotosíntesis. Lo que nos lleva a decir que existe una cantidad inmensa

de recursos potenciales de ser aprovechados como fuente de energía y que se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Residuos forestales.
- Residuos agrícolas.
- Residuos de industrias forestales y agrícolas.
- Cultivos energéticos.
- Residuos Urbanos.

**Residuos forestales:** Se trata de residuos procedentes de los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales, tanto para la defensa y mejora de éstas como para la obtención de materias primas para el sector forestal (madera, resinas, etc.). Los residuos generados en las operaciones de limpieza, poda y corta de montes<sup>29</sup>.

**Residuos agrícolas:** Los hay de dos tipos, leñosos y herbáceos; los primeros se refieren a las podas de olivos, viñedos y árboles frutales. Los segundos hacen referencia a aquellos que se obtienen durante la cosecha de algunos cultivos, como los de los cereales (paja) o maíz (cañote)<sup>30</sup>.

**Residuos de industrias forestales y agrícolas:** Las astillas, las cortezas o el serrín de primera y segunda transformación de la madera y los huesos, cáscaras y otros residuos de la industria agroalimentaria (aceite de oliva, conservera, frutos secos)<sup>31</sup>.

**Cultivos energéticos:** Son cultivos de especies vegetales destinados específicamente a la producción de biomasa para uso energético. Entre las distintas especies agrícolas herbáceas susceptibles de convertirse en cultivos energéticos destacan el cardo, el sorgo, y la colza etíope. Además también pueden utilizarse especies forestales leñosas, como los chopos en zonas de regadío, y los eucaliptos<sup>32</sup>. Por último es importante señalar que dentro de los cultivos energéticos esta considerada la producción de etanol a base de maíz y caña de azúcar; así como la producción de biodiesel a base de soya, aguacate, coco, cacahuete, girasol y colza.

**Residuos Urbanos:** En esta clasificación encontramos los subproductos de origen municipal tales como las aguas negras, desechos domésticos orgánicos (cascara de vegetales) y la basura orgánica (madera).

#### 1.4.2 DEFINICIÓN DE BIOENERGÍA.

Hasta aquí solo hemos respondido la primer interrogante en cuestión, ahora que hemos definido a la biomasa podemos pasar a definir lo que es la bioenergía.

El CIEMAT nos dice que la bioenergía se puede definir de la siguiente forma “el concepto de bioenergía se refiere a los sistemas técnicos mediante los que se produce o recolecta, se convierte y se usa la biomasa como una fuente de energía. La bioenergía es la mayor fuente de energía renovable del mundo y se considera que tiene un mayor potencial todavía por delante. Al mismo tiempo, si la tecnología es gestionada adecuadamente, la bioenergía contribuirá eficazmente a la reducción de emisiones de carbono”<sup>33</sup>.

Por su parte, la FAO nos dice que la bioenergía “comprende todas las formas de energía derivada de combustibles orgánicos (biocombustibles) de origen biológico utilizados para producir energía. Comprende tanto los cultivos destinados a producir energía que se cultivan específicamente, como las plantaciones polivalentes y los subproductos (residuos y desechos). El término subproductos incluye los subproductos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de las actividades humanas”<sup>34</sup>.

Como última referencia cito la definición que propone el CLAES; “la energía producida a partir de cualquier material biomásico, o la utilización energética de la materia orgánica formada por vía biológica o productos derivados de ésta, es la forma de energía denominada bioenergía”<sup>35</sup>.

Por lo antes expuesto podemos concluir que el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía es lo que se conoce como bioenergía, o dicho de otra forma, debido a que la biomasa acumula energía solar, esta energía se libera rompiendo los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión, teniendo como resultado lo que conocemos como bioenergía.

Ahora que ya definimos a la biomasa y la bioenergía, resulta más fácil comprender y dar respuesta a las siguientes preguntas ¿Qué son los biocombustibles?, ¿Qué son los agrocombustibles?, ¿Son

lo mismo?, ¿Da igual usar un término o el otro? Para poder responder estas cuestiones, es necesario exponer las diferentes posturas que existen acerca de estos conceptos.

### **1.4.3 DEFINIENDO Y DIFERENCIANDO LOS BIOCOMBUSTIBLES DE LOS AGROCOMBUSTIBLES.**

El IICA, define los biocombustibles de la siguiente forma “desde una perspectiva etimológica, serían los combustibles de origen biológico, pero esta definición incluiría el petróleo, ya que este procede de restos fósiles que existen desde hace millones de años. Una mejor definición sería que son los combustibles de origen biológico obtenidos de manera renovable a partir de restos orgánicos. Los biocombustibles constituyen la primera fuente de energía que conoció la humanidad. Entre las fuentes de los biocombustibles, están la biomasa proveniente de cultivos como caña de azúcar, maíz, sorgo, yuca y otros, usada para producir etanol, y los aceites provenientes de palma africana, soya, higuera, Jatropha curcas, colza y otras plantas, utilizados para producir biodiesel”<sup>36</sup>.

Por su parte, la CEPAL, define los biocombustibles de la siguiente manera “El término biocombustibles se utiliza para referirse a los combustibles obtenidos de la biomasa, la cual incluye, por ejemplo, a cultivos, leña, carbón vegetal y biogás. Por biocombustibles se entiende a los combustibles renovables de origen biológico que incluyen a la leña, estiércol, biogás, biohidrógeno, bioalcohol, biomasa microbiana, desechos agrícolas, cultivos para combustibles, etc”<sup>37</sup>.

Por último, tomaré en cuenta la definición que propone la FAO, quien define a los biocombustibles de la siguiente forma “combustibles orgánicos primarios y/o secundarios derivados de la biomasa que pueden utilizarse para generar energía térmica por combustión o mediante otra tecnología. Comprenden tanto los cultivos destinados a producir energía, cultivados específicamente como las plantaciones polivalentes y los subproductos (residuos y desechos). El término subproductos incluye los mal llamados residuos y desechos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de las actividades de elaboración de la biomasa”<sup>38</sup>.

Estas definiciones, aún son muy amplías para el tema que nos ocupa, como podemos observar, resulta ser un término muy amplio y confuso, en otras palabras, se usa el término biocombustibles a la aplicación de la bioenergía (energía obtenida a partir de biomasa), en alguna actividad humana en cualquiera de sus formas. Y digo en cualquiera de sus formas para referirme a su estado físico (sólido, líquido y gaseoso).

Para comprender mejor lo anterior, el CLAES, propone clasificar los biocombustibles de la siguiente forma:

#### Criterios para clasificar los biocombustibles.

Según el estado físico	biocombustibles sólidos: leña, residuos forestales
	biocombustibles líquidos: etanol, biodiesel, aceites vegetales, MTBE, ETBE
	biocombustibles gaseosos: biogás, gasógeno
Según el origen	agrocombustibles: etanol y biodiesel de cultivos anuales o plurianuales como caña de azúcar, remolacha y soja, colza, girasol, respectivamente
	dendrocombustibles: leña.
Según el uso final	biocombustibles para generación de energía térmica (calórica): leña, biogás
	biocombustibles para generación de energía eléctrica: cascarilla de arroz, biogás, bagazo de caña, biodiesel para generadores
	biocombustibles para transporte: biodiesel, etanol
Según el proceso de conversión	Procesos químicos: biodiesel por transesterificación
	Procesos térmicos: residuos forestales para combustión directa, gas de pirolisis
	Procesos bioquímicos: biogás por fermentación anaerobia, etanol

Fuente: CLAES, "Agrocombustibles en América Latina: Documento de estudio No.1", CLAES, TALLER A DISTANCIA 2008.

Para evitar confusiones y dirimir las diferencias, en el año 2003 la FAO presenta la "Propuesta de terminología unificada UWET". Las principales definiciones utilizadas en la UWET incluyen tres

tipos de biocombustibles: combustibles de madera, agrocombustibles y subproductos de origen municipal.

De aquí en adelante lo que nos interesa son los agrocombustibles, principalmente el obtenido a partir del maíz y tomo como correcta la propuesta que realiza FAO a partir de UWET. Por tanto, a continuación muestro lo que engloba cada uno de los tres tipos de biocombustibles que presenta esta propuesta; esto solo como referencia y para mostrar donde se ubica exactamente el tema de estudio.

- 1. Combustibles de madera:** todos los tipos de biocombustibles derivados directa o indirectamente de los árboles y arbustos que crecen en tierras forestales y no forestales. Los cuáles a su vez se dividen en tres tipos.

**1.1 Combustibles de madera directos:** madera extraída directamente de los bosques (bosques naturales y plantaciones; tierra en la que la cubierta de copas ocupa más de un 10 por ciento de la superficie en una extensión de más de 0,5 ha); otros terrenos boscosos (tierra con una cubierta de copas de entre el 5 y el 10 por ciento de la superficie, en la que los árboles pueden alcanzar una altura de al menos 5 m al alcanzar la madurez in situ, o tierra con una cubierta de copas de más del 10 por ciento de la superficie, en la que los árboles no pueden alcanzar una altura de al menos 5 m al alcanzar la madurez in situ, y cubierta arbustiva o de matorral); y otras tierras destinadas al suministro de energía para cubrir la demanda, e incluye tanto los combustibles de madera inventariados (registrados en estadísticas oficiales) como no inventariados. Los combustibles de madera directos se queman directamente o se transforman en otro combustible, como el carbón vegetal, los gases de pirolisis, pellets, etanol, metanol, entre otros.

**1.2 Combustibles de madera indirectos:** son subproductos industriales derivados de industrias primarias de la madera (aserraderos, fábricas de tableros de partículas, plantas de fabricación de pasta de papel) y secundarias (ebanistería, carpintería), tales como residuos del aserrado, costeros, restos del canteado y el escuadrado, serrín, virutas y astillas, licor negro, etc. Los combustibles de madera

indirectos se queman directamente o se transforman en otro combustible, como el carbón vegetal, gases de pirolisis, pellets, etanol, metanol, etc.

**1.3 Combustibles de madera recuperados:** biomasa leñosa derivada de todas las actividades económicas y sociales ajenas al sector forestal, generalmente, desechos de la construcción, demolición de edificios, bandejas de carga, contenedores, cajas de madera y otros que se queman tal cual están o se transforman en astillas, pellets, briquetas o polvo.

**2. Agrocombustibles:** Combustibles obtenidos como productos de la biomasa y subproductos agrícolas. Consisten principalmente en la biomasa derivada directamente de los cultivos destinados a ser utilizados como combustible y de los subproductos agrícolas, agroindustriales y animales.

**2.1 Cultivos destinados a ser utilizados como combustible:** especies de plantas cultivadas en plantaciones o granjas destinadas a producir materia prima para la producción de biocombustibles. Estos cultivos se pueden producir en granjas terrestres (yuca, caña de azúcar, euphorbia, etc.), en granjas marinas (algae) o en granjas de agua dulce (jacintos de agua). Los cultivos para combustible producidos en tierra se pueden clasificar en: cultivos de azúcar/almidón, cultivos oleaginosos y otros cultivos energéticos.

- a) **Cultivos de azúcar/almidón:** son cultivos que se plantan básicamente para producir etanol (alcohol etílico) como combustible utilizado principalmente en el transporte (solo o mezclado con gasolina). El etanol se puede producir mediante la fermentación de la glucosa derivada de las plantas que contienen azúcar (como la caña de azúcar) o de materiales de almidón (maíz, trigo, cebada) después de realizar la hidrólisis.
- b) **Cultivos oleaginosos:** abarcan las plantas oleaginosas (como el girasol, la colza, etc.) plantadas para la utilización energética directa del aceite vegetal extraído, o



como materia prima para su transformación en un sustitutivo del gasóleo, mediante procesos de transesterificación.

- c) **Otros cultivos energéticos:** plantas y cultivos especializados considerados más recientemente para usos energéticos, tales como: *Miscanthus*, *Spartina* spp. *Cyperus longus*, *Arundo donax* y *Phalaris arundinacea*.

**2.2 Subproductos agrícolas:** se trata principalmente de material y subproductos vegetales derivados de la producción, cosecha, transporte y elaboración en zonas agrícolas. Esta categoría comprende, entre otros, mazorcas y tallos de maíz, tallos y cáscaras de trigo, cáscaras de maní, tallos de algodón, tallos de mostaza.

**2.3 Subproductos agroindustriales:** subproductos de la elaboración de alimentos, como bagazo de caña de azúcar, cáscaras de arroz, cáscaras, fibra y médula de coco, cáscaras de maní, residuos del prensado de la oliva, etc.

**2.4 Subproductos de origen animal:** estiércol y otras excretas de vacuno, caballos, cerdos, aves de corral y, en principio, seres humanos. Se puede secar y utilizar directamente como combustible o transformarlo en biogás mediante fermentación.

- 3. Subproductos de origen municipal:** Desechos de biomasa producidos por la población urbana, que pueden ser de dos tipos: subproductos sólidos de origen municipal y subproductos gaseosos/líquidos de origen municipal producidos en ciudades y aldeas.

**3.1 Biocombustibles sólidos de origen municipal:** comprenden los subproductos producidos por los sectores residencial, comercial, industrial, público y terciario que recogen las autoridades locales para su eliminación en un emplazamiento central, donde se suelen incinerar (se queman directamente) para producir calor y/o energía. También se incluyen en esta categoría los desechos hospitalarios.

**3.2 Biocombustibles gaseosos/líquidos de origen municipal:** biocombustibles derivados principalmente de la fermentación anaeróbica (biogás) de residuos sólidos y líquidos de origen municipal, que pueden ser gases de vertederos o gases de fangos residuales.

Dentro de la propuesta UWET de FAO encontramos nuestro tema de estudio en el punto número dos (agrocombustibles), y más específicamente en el punto número uno (cultivos a ser destinados como combustible); me adentraré un poco más en este punto para finalizar este primer capítulo.

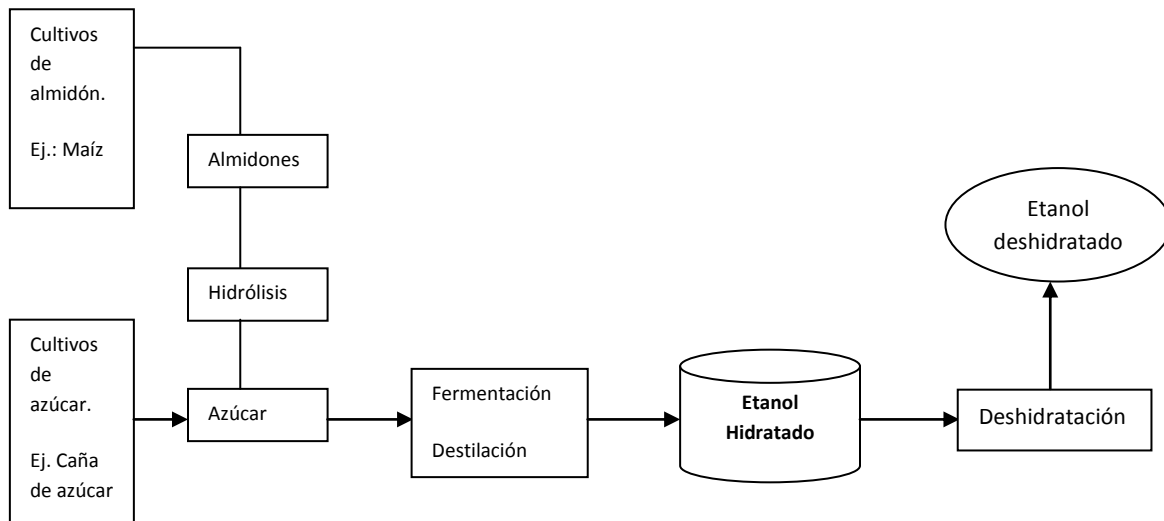
### **1.5 EL ETANOL: CULTIVOS Y RUTAS TECNOLÓGICAS.**

Como vimos anteriormente, los cultivos destinados a ser utilizados como combustible se clasifican en dos tipos; primero los de azúcar/almidón y segundo los oleaginosos. Ahora lo que importa es saber el proceso mediante el cual estos cultivos pueden ser transformados en etanol para ser usado como combustible en el transporte.

El proceso es complejo, por lo que lo presentare de la manera más sencilla posible. Para el caso de los cultivos de azúcar, el proceso es un poco más sencillo ya que se logra fermentando la glucosa contenida en estos cultivos para así obtener alcohol. Para el caso de los cultivos de almidón entre los que se encuentra el maíz; el proceso es un poco más complejo, ya que antes es necesario realizar el proceso conocido como hidrólisis.

Para tener una mejor comprensión de este proceso me apoyo en la explicación que nos ofrece el IICA quien nos lo presenta de manera simplificada este proceso de la siguiente forma: “Para producir etanol de granos como el maíz (y demás cereales) es necesario convertir los almidones del grano en azúcares, lo que se consigue por medio de enzimas. Los azúcares resultantes se fermentan, proceso mediante el cual se obtiene el etanol. En el caso de la caña de azúcar, el proceso es un poco más simple, pues no se requieren las enzimas, ya que aproximadamente el 20% de la caña ya es azúcar. La caña se empieza a fermentar desde que es cortada, pero para obtener etanol se la debe someter a un proceso de fermentación realizado en los ingenios”<sup>39</sup>.

El siguiente esquema cubre todas las fases de la obtención de etanol, para concluir esta parte de estudio explico a continuación este proceso con el ejemplo de nuestro tema de estudio (el etanol a base de maíz).



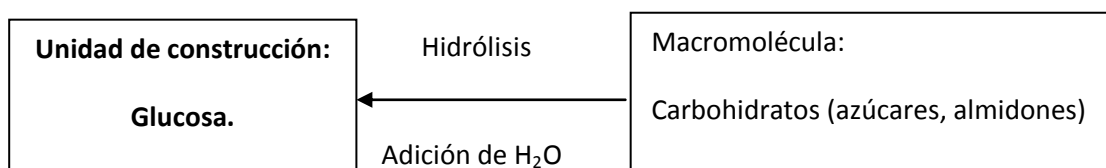
Fuente: SAGARPA, “Mercado Internacional de Azúcar”, México, Junio 2006, p.8.

Encontramos al maíz como una fuente de energía de biomasa dentro de los cultivos energéticos; y decíamos que una característica de la biomasa es la de almacenar la energía solar en forma química, esto se logra por medio de la fotosíntesis, la cual se puede definir de la siguiente forma: “Es un proceso en el cual el dióxido de carbono y el agua se usan para formar glucosa. La reacción se lleva a cabo con la presencia de clorofila y utiliza energía luminosa del Sol. La energía radiante del sol es cambiada a energía química. Se almacena en las moléculas de glucosa como energía potencial química”<sup>40</sup>.

Podemos ver que cultivos como el maíz poseen energía química pero sólo de forma potencial, ya que ésta no se libera de forma natural; por ejemplo en el caso de la madera esta también contiene energía almacenada, la cual se libera (se quema) cuando se combina con oxígeno. Pero en el caso de organismos que realizan la fotosíntesis estas reacciones se encuentran controladas, debido a que una célula no sobreviviría a la liberación rápida de energía calorífica que ocurre cuando la madera se quema.

Resumiendo lo anterior, con la combinación de dióxido de carbono y el agua, el maíz forma glucosa; pero que al intervenir la clorofila (necesaria para la fotosíntesis y esta a su vez necesaria para la vida del maíz) se convierte en almidón. Para que este almidón pueda volver al estado de glucosa es necesario el proceso de hidrólisis.

La hidrólisis se define de la siguiente forma: “Desdoblamiento químico de una sustancia con intervención del agua”<sup>41</sup>. En el caso del maíz es necesario el proceso de hidrólisis para poder convertir los almidones en glucosa (azúcar); y no es otra cosa sino que agregar agua a los almidones. En el siguiente esquema se presenta de forma sencilla.



Pero para el caso de la obtención de etanol a base de maíz, este proceso se convierte más complejo, debido a que es necesaria la utilización de enzimas en el proceso de la conversión del maíz en etanol; un tipo de enzima utilizada en este proceso es la enzima alfa amilasa, la cual es derivada de un alga del fondo del mar y que sirve para convertir los almidones en azúcares.

Una vez convertidos los almidones en azúcares, el siguiente proceso es el de la fermentación, conocida como fermentación alcohólica, fermentación etílica o fermentación del etanol, y se explica como el proceso mediante el cual una célula obtiene energía del rompimiento de las moléculas del alimento, en ausencia de oxígeno para obtener como producto final un alcohol en forma de etanol cuya fórmula química es CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH).

Una vez realizados los procesos de fermentación y destilación, se obtiene el etanol hidratado, el cual a su vez es necesario deshidratar mediante el proceso conocido como deshidratación de alcoholes y el cual se explica como el proceso químico que consiste en la conversión de un alcohol en un alqueno (hidrocarburos con doble enlace de carbono) por proceso de eliminación. Para realizar este procedimiento se utiliza un ácido mineral para extraer el grupo hidroxilo (OH) desde el alcohol, generando una carga positiva en el carbono del cual fue extraído el OH.

Resumiendo, del proceso de fermentación, obtuvimos la formula  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , a la que a su vez mediante un proceso de deshidratación le extrajimos el grupo hidroxilo (OH), con lo cual se obtiene el etanol deshidratado que ya en este estado es un hidrocarburo (compuesto orgánico formado únicamente por átomos de carbono e hidrogeno).

Para concluir esté capítulo, solo resta anotar que con el etanol deshidratado podemos obtener diferentes mezclas de etanol con gasolina para ser utilizado en el transporte como complemento o sustitución de las gasolinas una vez destinado a este uso, lo podemos conocer como bioetanol, etanol carburante, alcohol automotor, bioalcohol o simplemente etanol; así podemos encontrar diferentes siglas como por ejemplo E(5), E(10), E(85) etc. La letra E hace referencia a que se trata de etanol mientras que el numero en el paréntesis indica el porcentaje de etanol contenido en la mezcla; así por ejemplo el E(10) esta compuesto por una mezcla de 10% etanol y 90% nafta o gasolina.

**CAPÍTULO 2.**  
**DOS MOTIVOS PARA LA PROMOCIÓN DE**  
**LOS AGROCOMBUSTIBLES: LA**  
**INESTABILIDAD DEL MERCADO**  
**PETRÓLERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.**

El presente capítulo está dedicado a explicar los dos factores clave que han motivado y los cuales justifican o por lo menos con ellos se intenta justificar el desarrollo y la búsqueda de energías renovables basadas en materiales biomásicos como el etanol; los dos factores a los que hago referencia son:

- La inestabilidad del mercado petrolero y el agotamiento de las reservas.
- El interés reciente por búsqueda de energías más limpias que permitan abatir el cambio climático.

Antes de adentrarnos de fondo en el estudio de la producción de etanol a base de maíz resulta imprescindible hacer un paréntesis en el tema petrolero, la importancia de estudiar y hacer un diagnóstico de las cuestiones que conciernen al petróleo es de vital importancia debido a que la actividad económica mundial sigue girando en torno a este recurso; el cual sigue siendo la principal fuente de energía, sobre todo en el transporte.

Tanto a nivel mundial y más específicamente en México, energías renovables como los agrocombustibles aun no se encuentran lo suficientemente desarrollados como para sustituir por completo al petróleo como fuente de energía.

Lo que primero importa es hacer un diagnóstico de la situación actual del mercado petrolero mundial; este diagnóstico abarca el estudio de la oferta y demanda mundiales de este combustible así como la determinación de los precios en este mercado. El estudio del mercado petrolero nos ayuda a comprender los intereses por buscar otras fuentes de energía.

## **2.1 LA OFERTA, LA DEMANDA Y LA FIJACIÓN DE LOS PRECIOS EN EL MERCADO PETROLERO.**

El mercado del petróleo es un mercado que constantemente se encuentra en inestabilidad. A pesar de los muchos estudios que existen sobre el tema así como la gran cantidad de datos estadísticos de los cuales podemos disponer, es difícil dar una explicación definitiva que nos diga a ciencia cierta las “leyes” que rigen este mercado.

Aunado a esto, tenemos que considerar la importancia que representa el hecho de que la industria del petróleo es una industria en la cual intervienen fuertemente los gobiernos, a los cuales muchas veces les guían intereses distintos a los que tiene por ejemplo una empresa privada.

En el mercado petrolero la demanda la podemos entender de la siguiente forma “es una combinación de consumo real y de incremento o reducción de stocks, sujetos a variaciones estacionales y cíclicas así como también a movimientos especulativos. Está esencialmente condicionada por las fuerzas económicas, tales como el crecimiento de los ingresos, el consumo, el comercio y la producción, el costo de los sustitutos y los gravámenes a la energía, en la medida en que los gobiernos de los consumidores intervienen con diversos propósitos y medidas”<sup>1</sup>.

Por el lado de la oferta quienes tienen mayor importancia son aquellos países cuyas reservas son las más altas y por esta razón tienen el poder de influir tanto en los precios como en los volúmenes de producción; en cuanto a este punto existen posturas diferentes, por un lado Noreng nos dice que por lo general la mayoría de estos países los encontramos en Oriente Medio y los encontramos agrupados en la OPEP; por lo tanto de acuerdo a este autor podemos decir que “la oferta y los precios del petróleo, en última instancia, son fijados por un pequeño número de gobiernos de Oriente Medio que operan a través de la OPEP”<sup>2</sup>; mientras que Giordano difiere de este punto de vista al decir que “el aumento del precio del petróleo tiene poco que ver con las decisiones de los países exportadores y mucho más con la inestabilidad política inducida y unos conflictos bélicos recurrentes, con frecuencia provocados o alimentados desde el exterior, principalmente por la política de Estados Unidos”<sup>3</sup>.

Otro punto de vista lo encontramos en el Dr. Jalife, quien escribe “hasta la mitad de la década de los ochenta, la OPEP imponía el precio final de venta, su poder empezó a desvanecerse cuando fue establecido en 1983 el mercado de futuros del petróleo en el NYMEX (Mercado Mercantil de Nueva York) que no solo es el antídoto de la OPEP sino que ha llegado por la vía de la especulación financiera hasta a controlar de facto el mercado petrolero en el que la OPEP se ha vuelto un simple actor supeditado a la voluntad de la banca de inversión anglosajona.....el precio del petróleo ha sido determinado por una fórmula compleja que inicia con el movimiento de los precios spot en los mercados como el NYMEX”<sup>4</sup>.



Las definiciones citadas nos ayudan a tener una mejor idea del funcionamiento del mercado petrolero; como se puede observar el mayor problema lo representa el como determinar los precios en este mercado; hasta la actualidad la única teoría a la que podemos encontrar respuesta a este problema es la teoría de la renta expuesta por Carlos Marx en el tomo III de “El capital”. No es el objetivo de este estudio desarrollar la teoría de la renta para determinar el precio del petróleo, por lo que lo anterior solo queda como una referencia.

Como mencione anteriormente en este mercado no hay nada escrito debido ya que se encuentra constantemente en cambio; la oferta y la demanda así como los precios pueden cambiar de un momento a otro y sin previo aviso, lo anterior se puede deber a diferentes circunstancias como por ejemplo el descubrimiento de nuevas reservas, los conflictos que pueden surgir entre algunos países, así como el avance de la tecnología que puede minimizar los costos de extracción.

Para tener una visión más clara del funcionamiento de este mercado presento algunos indicadores que nos ayudan a ver la distribución y circulación de este recurso, así mismo con estos indicadores podemos observar que tan importante sigue siendo el petróleo para la actividad económica mundial.

Los datos presentados tienen como fuente principal lo publicado por la OPEP en el Annual Statistical Bulletin 2008, el cual es el último reporte oficial disponible; cabe mencionar que estos datos difieren de otros como por ejemplo los publicados por la British Petroleum en su Statistical Review of World Energy 2009, y aunque en algunos casos las diferencias sean significativas, en la mayoría de los casos las diferencias son mínimas. En última instancia y para el tema que nos ocupa y lo que este estudio intenta demostrar, como bien escribe el Ingeniero José Gil “aunque estuviesen erradas en un 40% apenas cambiarían los resultados por un plazo de 10 años”<sup>5</sup>.

## **2.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PETRÓLEO.**

En los últimos años la producción mundial de petróleo crudo ha ido en aumento pasando de 63395.9 mbd en 1999 a 72028.3 mbd en 2008; pero este aumento no ha sido igual en todas las regiones, tanto en América del Norte como en Europa Occidental la producción no solo no ha

aumentado sino caso contrario ha disminuido. Por su parte América Latina venía aumentando la producción hasta 2006, pero a partir de 2007 esta ha comenzado a disminuir.

Las demás regiones han aumentado su producción de crudo, caso sobresaliente es el de Europa Oriental quien en el transcurso de diez años casi ha duplicado la producción pasando de 6150.3 mbd en 1999 a 12028.9 mbd en 2008. Tanto Medio Oriente, África y Asia – pacífico han tenido aumentos constantes en su producción, siendo Oriente Medio la región que mayor participación tiene a nivel mundial. Es importante señalar que cerca del 50% de la producción mundial se encuentra controlada por los países miembros de la OPEP (actualmente formada por 12 países después del regreso de Ecuador en noviembre de 2007 y la salida de Indonesia a finales de 2008) de los cuales más de la mitad son países de Medio Oriente.

Dentro de los países miembros de la OPEP Arabia Saudita es quien tiene la mayor participación en la producción, seguido por Irán y posteriormente Venezuela siendo este el único país fuera de Oriente Medio que tiene un nivel de producción suficiente como para influenciar en el mercado. En 2008 la producción de estos países fue de 9198, 4055.7 y 3118.5 mbd respectivamente lo que da un total de 16372.2 mbd; mientras que la producción total de la OPEP fue de 33093 mbd lo que representa una participación del 49.47% con respecto al total mundial. Esta cifra refleja muy claramente la influencia que pueden tener estos tres países (una cuarta parte de los miembros de la OPEP), en el volumen de la producción mundial de petróleo.

Por su parte, nuestro país en 2008 producía 2798.5 mbd según datos de la OPEP, mientras que PEMEX reportó 2792 mbd para el mismo año según su anuario estadístico 2009. A nivel mundial, el país líder en producción de petróleo crudo es Arabia Saudita con una producción de 9198 mbd en 2008, el segundo y tercer lugar lo ocupan Estados Unidos e Irán con una producción de 4954.8 y 4055.7 mbd respectivamente.

## **2.3 EXPORTACIONES E IMPORTACIONES MUNDIALES DE PETRÓLEO.**

Otros indicadores que debemos tomar en cuenta al estudiar el mercado mundial de petróleo son las exportaciones y las importaciones; en este caso las exportaciones de crudo de Europa Occidental han seguido la misma tendencia que su producción, sus exportaciones en 1999 fueron

de 4680.7 mbd mientras que para 2008 estas disminuyeron a 2785.6 mbd; América Latina aunque ha aumentado su producción sus exportaciones disminuyeron pasando de 4774.5 mbd en 1999 a 4378.8 mbd en 2008.

Caso contrario es Norte América quien a pesar de haber disminuido su producción ha aumentado sus exportaciones pasando de 1168 a 1554.1 mbd, las exportaciones de Europa Oriental han seguido la misma tendencia que su producción; las demás regiones han seguido una tendencia más o menos estable siendo Oriente Medio la región que tiene el mayor volumen de exportaciones con 17439.3 mbd seguido por África con 6343.9 mbd en 2008; los últimos lugares los ocupan Norte América y Asia Pacífico exportando 1554.1 y 1954.6 mbd en 2008 respectivamente.

El volumen mundial de exportaciones de crudo en 1999 fue de 36298.7 mbd mientras que en 2007 fueron de 40832.5, teniendo una caída en 2008 para ubicarse en 40114.5; esta caída se puede explicar por la crisis mundial que comenzó en ese año, de este volumen total la OPEP participo con 20380.9, 24352.2 y 24189.9 mbd, lo que representa una participación del 56.14, 59.63 y 60.30% respectivamente para los años 1999, 2007 y 2008.

Por el lado de las importaciones, las regiones que más participan en este rubro son Asia Pacífico, América del Norte y Europa Occidental, en el año 2000 las exportaciones de la OPEP a estas regiones fueron de 8333.6, 5272.6 y 5185.2 mbd respectivamente, mientras que para el año 2008 estas se encontraban en 11401.6, 5940 y 4708.7 mbd, lo que representa el 47.13, 24.55 y 19.46% de las exportaciones totales de la OPEP. Estas cifras reflejan de forma clara la fuerte necesidad que tienen de petróleo estas regiones.

Ahora si estudiamos las importaciones por país tenemos que en el año 2000 de los 5185.2 mbd que exportaba la OPEP, Estados Unidos importaba 4962 mbd, lo que representa el 95.69% del total, para los años 2007 y 2008 esta participación disminuyo a 93.86 y 90.41% respectivamente. En la región de Asia Pacífico el país que más participación tiene en las importaciones es Japón, en 2000 importaba 3542.5 mbd de la OPEP, mientras que para 2007 esta cifra aumento a 5168.5 con una caída en 2008 ubicándose en 3787.4; en la región de Europa Occidental los tres países que más importan petróleo crudo de la OPEP son Italia, Francia y Alemania con 1093.3, 813.2 y 411.2

mbd en 2008. Como ya anotaba antes, la disminución en las importaciones de países como Estados Unidos o Japón obedece a la disminución en la actividad económica gestada por la crisis mundial.

En cuanto a los productos refinados los principales exportadores son las regiones de Europa Occidental y Asia-Pacífico en el año 2000 refinaban 4836 y 2898.6 mbd, en el año 2008 estas cifras ascienden a 5679.3 y 5113.5 mbd respectivamente una participación del 27.47 y 24.73% del total mundial, estos datos resultan interesantes debido a que tanto Asia-Pacífico como Europa Occidental siendo dos de las regiones que más petróleo crudo importan son las dos regiones líderes en las exportaciones de productos refinados.

Las exportaciones de petróleo crudo de México en 2008 fueron de 1445.8 mbd, una disminución con respecto a 2007 año en que las exportaciones fueron de 1738.4 mbd; por su parte las exportaciones de refinados del país fueron de 143.5 mbd mientras que las importaciones fueron de 477.7 mbd en 2008. El país líder en exportaciones de crudo es Arabia Saudita quien en 2008 exporto 7321.7 mbd.

Por el lado de las importaciones sin duda alguna Estados Unidos es el país líder en este rubro en 2008 importó un total de 9753.4 mbd de petróleo crudo, le sigue Japón con importaciones por el orden de los 3966.4 mbd en 2008; como vimos más arriba para el caso de Japón sus principales proveedores son países de la OPEP, en 2008 representaban el 89.31% del total de sus importaciones; no ocurre lo mismo con Estados Unidos para quien solo representan el 50.87% de su total de importaciones lo que significa que aun tuvo que conseguir 4791.4 mbd en otros mercados. En cuanto a las importaciones de refinados nuevamente Estados Unidos es líder con una importación diaria de 2080.4 mb en 2008 por lo que en total en ese año Estados Unidos importó 11833.8 mbd en petróleo crudo y productos refinados.

## **2.4 CONSUMO MUNDIAL DE PETRÓLEO.**

Por el lado del consumo las tres regiones que más consumen productos refinados son América del Norte, Europa Occidental y América Latina, en 2004 su consumo de refinados fue de 22338.8, 14546 y 6527.6 mbd, mientras que en 2008 este fue de 21227.3, 14115.1 y 7351.1 mbd, el caso

más interesante es el de América del Norte, tan solo esta región consumía el 29.16% del total mundial en el año 2000, en 2008 este porcentaje ha disminuido a 26.79%, lo que no deja de ser una cantidad considerable.

Pero más interesante resulta decir que dentro de la región de América del Norte solo Estados Unidos consumía 20080.3 mbd en el año 2000, en 2008 esta cifra cayó a 18953.2 mbd, estas cifras representan el 26.21 y 23.92% del total mundial así como el 89.88 y 89.28% del total de la región; en la región de Europa Occidental el país con más participación es Alemania quien consumía 2603.9 y 2501.3 mbd de refinados en los años 2000 y 2008 respectivamente; mientras que en América Latina, Brasil ocupa el primer lugar consumiendo 2075.8 y 2374.2 mbd para los años citados anteriormente. El consumo de refinados de México fue de 2038.7 mbd en 2008.

Las cifras anteriores se ven reflejadas en el consumo per cápita de las diferentes regiones, de acuerdo con los datos del informe 2009 de la petrolera BP, Canadá, Arabia Saudita e Iraq se encuentran entre los países que tienen un mayor consumo per cápita; con un consumo superior a las tres toneladas en el año 2008, les sigue con un consumo per cápita entre las 2.25 y 3 toneladas principalmente Estados Unidos; y finalmente con un consumo entre las 1.5 y 2.25 toneladas destacan países como Rusia y la región de Asia Pacífico tales como Japón, Corea del Norte y Corea del Sur solo por citar algunos.

## **2.5 RESERVAS DE PETRÓLEO.**

Llegamos al punto más difícil y desde mi punto de vista el que más importancia tiene en el estudio del mercado petrolero, pues son precisamente las reservas y los intereses que éstas despiertan las detonantes de los diferentes conflictos, guerras e invasiones (muchas veces disfrazadas con distintas etiquetas); precisamente por el control de estas y los lugares por los cuales han de transportarse.

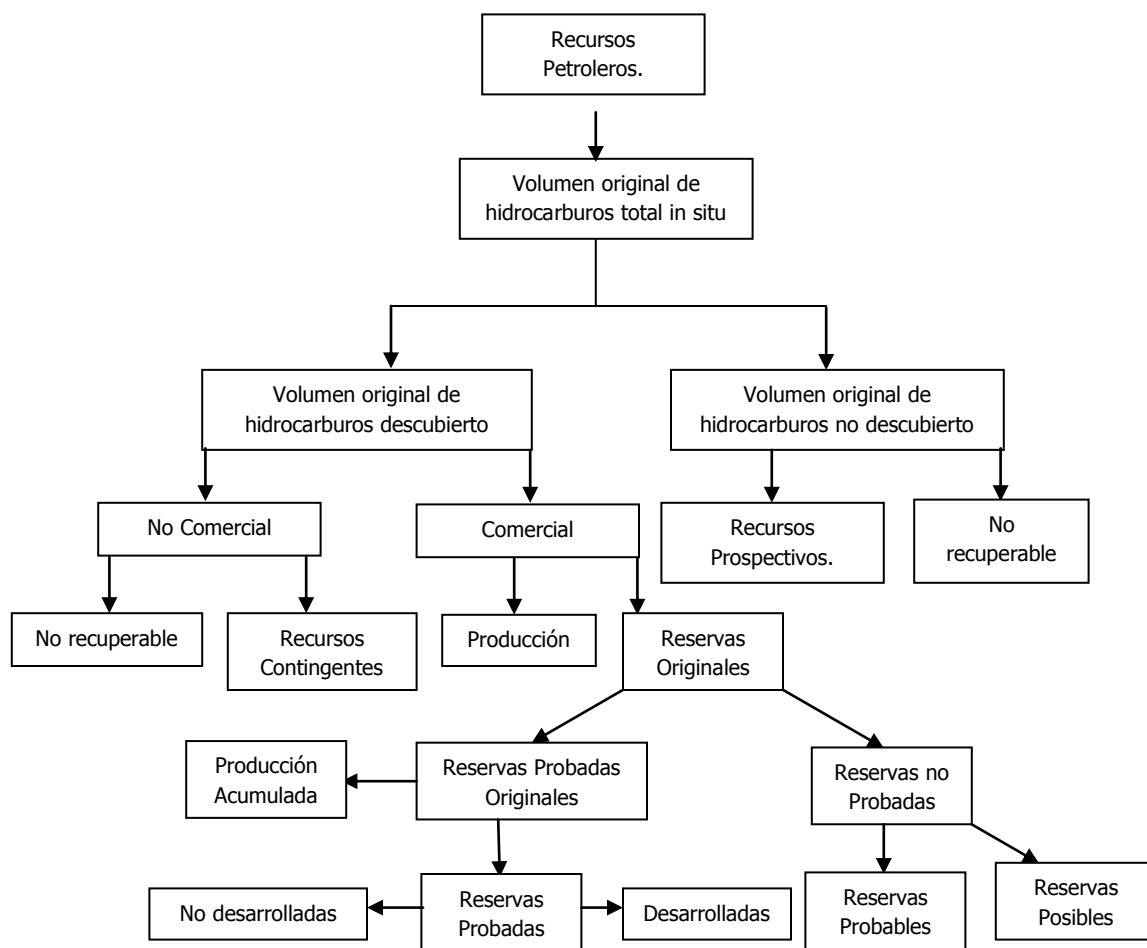
Antes de adentrarme por completo en este punto, considero importante diferenciar algunas definiciones básicas las cuales se utilizan para cuantificar el volumen de las reservas de un país y las cuales están basadas en los lineamientos de organismos internacionales, tales como la Securities and Exchange Commission (SEC), la Society of Petroleum Engineers (SPE), el World

Petroleum Council (WPC) y la American Association of Petroleum Geologists. De acuerdo con estos lineamientos, las reservas se clasifican como lo muestra la figura 1.

### 2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS RESERVAS.

La figura 1 muestra la clasificación completa de las reservas; a continuación muestro la definición de cada una de ellas.

**FIGURA1: CLASIFICACIÓN DE LAS RESERVAS DE PETRÓLEO.**



**Recursos petroleros:** Son todos los volúmenes de hidrocarburos que inicialmente se estiman en el subsuelo, referidos a condiciones de superficie. Sin embargo, desde el punto de vista de explotación, se le llama recurso únicamente a la parte potencialmente recuperable de esas cantidades. Dentro de esta definición, a la cantidad de hidrocarburos estimada en principio se le denomina volumen original de hidrocarburos total, el cual puede estar descubierto o no<sup>6</sup>.

**Volumen original de hidrocarburos total in situ:** Es la cuantificación referida a condiciones de yacimiento de todas las acumulaciones de hidrocarburos naturales. Este volumen incluye a las acumulaciones descubiertas, las cuales pueden ser comerciales o no, recuperables o no, a la producción obtenida de los campos explotados o en explotación, así como también a los volúmenes estimados en los yacimientos que podrían ser descubiertos.....Todas las cantidades que conforman el volumen de hidrocarburos total in-situ pueden ser recursos potencialmente recuperables, ya que la estimación de la parte que se espera recuperar depende de la incertidumbre asociada, de circunstancias comerciales, de la tecnología usada y de la disponibilidad de información<sup>7</sup>.

**Volumen original de hidrocarburos no descubierto:** Es la cantidad de hidrocarburos que se estima, a una cierta fecha, se encuentra contenida en acumulaciones que todavía no se descubren pero que han sido inferidas<sup>8</sup>.

**Recursos Prospectivos:** Es el volumen de hidrocarburos estimado, a una cierta fecha, de acumulaciones que todavía no se descubren pero que han sido inferidas y que se estiman potencialmente recuperables, mediante la aplicación de proyectos de desarrollo futuros<sup>9</sup>.

**Volumen original de hidrocarburos descubierto:** Es la cantidad de hidrocarburos que se estima, a una fecha dada, está contenida en acumulaciones conocidas antes de su producción. El volumen original descubierto puede clasificarse como comercial y no comercial. Una acumulación es comercial cuando existe generación de valor económico como consecuencia de la explotación de sus hidrocarburos<sup>10</sup>.

**Recursos Contingentes:** Son aquellas cantidades de hidrocarburos que son estimadas, a una fecha dada, para ser potencialmente recuperables de acumulaciones conocidas, pero el proyecto aplicado aún no se considera suficientemente maduro para su desarrollo comercial, debido a una o más razones. Los recursos contingentes pueden incluir, por ejemplo, proyectos para los cuales no existen actualmente mercados viables, o donde la recuperación comercial depende de tecnologías en desarrollo, o donde la evaluación de la acumulación es insuficiente para evaluar claramente su comercialidad<sup>11</sup>.

**Reservas:** Son las cantidades de hidrocarburos que se prevé serán recuperadas comercialmente, mediante la aplicación de proyectos de desarrollo, de acumulaciones conocidas, desde una cierta fecha en adelante, bajo condiciones definidas. Las reservas deben además satisfacer cuatro criterios: deben estar descubiertas, ser recuperables, comerciales y mantenerse sustentadas (a la fecha de evaluación) en un(os) proyecto(s) de desarrollo<sup>12</sup>.

**Reservas no probadas:** Son volúmenes de hidrocarburos evaluados a condiciones atmosféricas, al extrapolar características y parámetros del yacimiento más allá de los límites de certidumbre razonable, o de suponer pronósticos de aceite y gas con escenarios tanto técnicos como económicos que no son los que prevalecen al momento de la evaluación<sup>13</sup>.

**Reservas Probables:** Son aquellas reservas no probadas para las cuales el análisis de la información geológica y de ingeniería del yacimiento sugiere que son más factibles de ser comercialmente recuperables, que de lo contrario....También se incluyen en esta clasificación aquellas reservas ubicadas en formaciones que parecen ser productoras y que son inferidas a través de registros geofísicos, pero que carecen de datos de núcleos o pruebas definitivas, además de no ser análogas a formaciones probadas en otros yacimientos....<sup>14</sup>.Las siguientes condiciones conducen a clasificar las reservas como probables:

- Reservas localizadas en áreas donde la formación productora aparece separada por fallas geológicas, y la interpretación correspondiente indica que este volumen se encuentra en una posición estructural más alta que la del área probada.
- Reservas atribuibles a futuras intervenciones, estimulaciones, cambio de equipo u otros procedimientos mecánicos; cuando tales medidas no han sido exitosas al aplicarse en pozos que exhiben un comportamiento similar, y que han sido terminados en yacimientos análogos.
- Reservas incrementales en formaciones productoras, donde una reinterpretación del comportamiento o de los datos volumétricos, indica que existen reservas adicionales a las clasificadas como probadas.
- Reservas adicionales asociadas a pozos intermedios, y que pudieran haber sido clasificadas como probadas si se hubiera autorizado un desarrollo con un espaciamiento menor, al momento de la evaluación.



**Reservas Posibles:** Son aquellos volúmenes de hidrocarburos cuya información geológica y de ingeniería sugiere que es menos factible su recuperación comercial que las reservas probables<sup>15</sup>.

Incluyen los siguientes casos:

- Reservas basadas en interpretaciones geológicas y que pueden existir en áreas adyacentes a las áreas clasificadas como probables dentro del mismo yacimiento.
- Reservas ubicadas en formaciones que parecen estar impregnadas de hidrocarburos, en base al análisis de núcleos y registros de pozos.
- Reservas adicionales por perforación intermedia, la cual está sujeta a incertidumbre técnica.
- Reservas incrementales atribuidas a esquemas de recuperación mejorada cuando un proyecto o prueba piloto está planeado pero no se encuentra en operación, y las características de la roca y fluido del yacimiento son tales que existe duda de que el proyecto se ejecute.
- Reservas en un área de la formación productora que parece estar separada del área probada por fallas geológicas, y donde la interpretación indica que la zona de estudio se encuentra estructuralmente más baja que el área probada.

**Reservas probadas:** Las reservas probadas de hidrocarburos son cantidades estimadas de aceite crudo, gas natural y líquidos del gas natural, las cuales, mediante datos geológicos y de ingeniería, demuestran con certidumbre razonable que serán recuperadas en años futuros de yacimientos conocidos bajo condiciones económicas y de operación existentes a una fecha específica. Las reservas probadas se pueden clasificar como desarrolladas o no desarrolladas<sup>16</sup>.

**Reservas no desarrolladas:** Son reservas que se espera serán recuperadas a través de pozos nuevos en áreas no perforadas, o donde se requiere una inversión relativamente grande para terminar los pozos existentes y/o construir las instalaciones para iniciar la producción y transporte. Asimismo, debe existir un compromiso para desarrollar el campo de acuerdo a un plan de explotación y a un presupuesto aprobado<sup>17</sup>.

**Reservas desarrolladas:** Son aquellas reservas que se espera sean recuperadas de pozos existentes, incluyendo las reservas detrás de la tubería, que pueden ser extraídas con la infraestructura actual mediante actividades adicionales con costos moderados de inversión<sup>18</sup>.

Una vez expuestas estas definiciones, solo resta anotar que en el ámbito técnico y para tener mejor claridad, a las reservas probadas se les conoce como Reservas 1P, a la suma de las reservas probadas más las reservas probables se le conoce como Reservas 2P (Reservas 1P + Reservas probables = Reservas 2P) y finalmente a la suma de las reservas probadas más las reservas probables más las reservas posibles se le conoce como Reservas 3P (Reservas 2P + Reservas posibles = Reservas 3P). Los datos que presenta la OPEP en su informe anual corresponden a las Reservas 1P de petróleo crudo equivalente (el cual incluye crudo, gas líquido y seco).

Por lo tanto y tomando como fuente el informe de la OPEP tenemos que para el año 2000 las reservas mundiales probadas de petróleo eran de 1086649 mb, mientras que para el año 2008 estas aumentaron, para ubicarse en 1295085 mb, lo que representa una tasa de crecimiento del 19.18% en el transcurso de 8 años; es importante resaltar que este crecimiento fue apoyado sobre todo en el período 2007 – 2008, en el cual la tasa de crecimiento fue del 6.21%, mientras que el promedio anual para el periodo 2000 – 2008, fue de 2.23% pero si quitamos el periodo 2007 – 2008 este promedio baja a 1.66%.

El estudio por región nos muestra que la región líder en reservas probadas de crudo es Oriente Medio, en el año 2000 estas se ubicaban en 692979 mb mientras que para 2008 estas se ubican en 752258 mb, la región que le sigue es América Latina con unas reservas probadas de 122233 y 210507 mb para los años 2000 y 2008 respectivamente, un aumento importante de las reservas probadas de esta región el cual se dio en el periodo 2007 – 2008, ya que en el año 2007 estas eran de 137398 mb; les siguen las regiones de Europa Oriental y África con reservas probadas de 128979 y 122041 mb en 2008; los últimos lugares los ocupan la región de Europa Occidental y América del Norte con unas reservas probadas de 14805 y 26217 mb respectivamente para el año 2008.

Hemos visto que el periodo 2007 – 2008 se caracterizo por un fuerte aumento en las reservas mundiales probadas de petróleo el cual fue impulsado casi en su totalidad por la región de

América Latina, ahora si estudiamos al interior de esta región tenemos que este aumento se le debe a Venezuela al aumentar sus reservas de 99377 mb en 2007 a 172323 mb en 2008, este aumento obedece a que este país comenzó a explorar y explotar la región conocida como la Faja petrolífera del Orinoco.

Hago un paréntesis en este punto para anotar algunos datos interesantes de esta reserva conocida como la Faja Petrolífera del Orinoco, los datos que a continuación enumero fueron tomados de la página oficial del gobierno de Venezuela.

- Tiene un área geográfica de más de 55 mil kilómetros cuadrados y abarca los estados Monagas, Anzoátegui y Guárico.
- Se divide en cuatro áreas de oeste a este: Boyacá, Junín, Ayacucho y Carabobo las cuales a su vez se encuentran segmentadas en bloques.
- Cuenta con cinco empresas mixtas, todas con mayoría accionaria de 60% por parte de PDVSA. Cuatro de ellas son producto de la nacionalización en 2007: Petrocedeño (Total y Statoil), Petropiar (Chevron), Petromonagas (BP), Petrolera Sinovensa (CNPC) y Petromacareo (Petrovietnam); ésta última producto del Proyecto Orinoco Magna Reserva.
- Mantiene una producción de 838 mil barriles diarios y reservas probadas estimadas en 153 mil millones de barriles.
- Cuenta con 61 campos operativos y 2 mil 606 pozos activos.
- Se calcula que posee 1.360 millones de barriles de Petróleo Original en Sitio (POES); sus reservas recuperables estimadas, basadas en un factor de recobro total de 20%, están en el orden de 272 mil millones de barriles, de los cuales se tenían oficializados 37 mil millones de barriles de petróleo para 2005 y quedan por oficializar 235 mil millones de barriles.
- Durante 2008 PDVSA logro una cifra récord en toda su historia petrolera, al incorporar a través del proyecto Orinoco Magna Reserva, un total de 74 mil millones de barriles de petróleo.
- En los próximos 15 años, con el nuevo desarrollo de la Faja Petrolífera del Orinoco, se estima una producción acumulada de aproximadamente 3 mil millones de barriles por cada proyecto. (Haciendo referencia a los dos proyectos que integran el Plan Siembra Petrolera: Proyecto Socialista Orinoco y Proyecto Magna Reserva).

- El proyecto Magna Reserva, en el cual participan 22 países, tiene como finalidad elevar las reservas venezolanas a 316 mil millones de barriles de crudo.

De lograr sus objetivos PDVSA, Venezuela se convertiría en el país con mayores reservas de crudo probadas a nivel mundial.

Pero mientras Venezuela logra la certificación de sus demás reservas; el estudio por país nos muestra que el primer lugar en reservas probadas hasta finales de 2008 lo ocupaba Arabia Saudita, seguido por Venezuela e Irán con reservas de 264043, 172323 y 137620 mb respectivamente.

¿Y las reservas de México?; de acuerdo a los datos de la OPEP, México tenía reservas por el orden de los 14803 mb en 2004, las cuales han disminuido para ubicarse en los 12187 mb en 2008, en ese mismo año Pemex reporto reservas por 14717.2 mb mientras que en 2004 las ubicaba en 18895.2 mb de acuerdo a lo publicado en su anuario estadístico 2009, una diferencia de aproximadamente 4000 mb en las datos reportados por la OPEP y Pemex.

Independientemente de estas diferencias, lo cierto es que las reservas del país han caído significativamente, en cuanto a este punto, Humberto Campodónico consultor de la CEPAL escribe “Las reservas de México han venido declinando en los últimos años puesto que, de un lado, ahora se contabilizan de acuerdo a la metodología más exigente de la Securities Exchange Comission de Estados Unidos y, de otro, a la declinación del campo Cantarell”<sup>19</sup>.

Por otro lado, BP le atribuía a México reservas por el orden de 12200 mb a finales de 2007; por su parte en el informe de las Reservas de Hidrocarburos de México, Pemex pública reservas totales por el orden de los 43562.6 mb, a enero de 2009 de las cuales 30928.8 corresponde a petróleo crudo 4053.0 a gas (incluyendo el condesado) y 8579.7 a gas seco.

Ahora de los 43562.6 mb de reservas totales, 14307.7 mb corresponden a reservas probadas, 14516.9 mb son reservas probables y 14737.9 mb corresponden a reservas posibles. Tomando en cuenta estos datos del total de reservas, el crudo representa aproximadamente el 80%, por lo que las reservas probadas de crudo de México estarían en el orden de los 11446.16 mb en 2009.

## 2.6 PRECIOS MUNDIALES DEL PETRÓLEO.

Como último indicador; veamos el comportamiento de los precios del petróleo crudo en los últimos años. La Secretaría de Energía en su informe de la Prospectiva de Petróleo Crudo 2008 – 2017 nos explica que a nivel mundial existen tres crudos de referencia contra los cuales los crudos de distintas regiones fijan su precio de acuerdo a diferenciales de calidad; estos son:

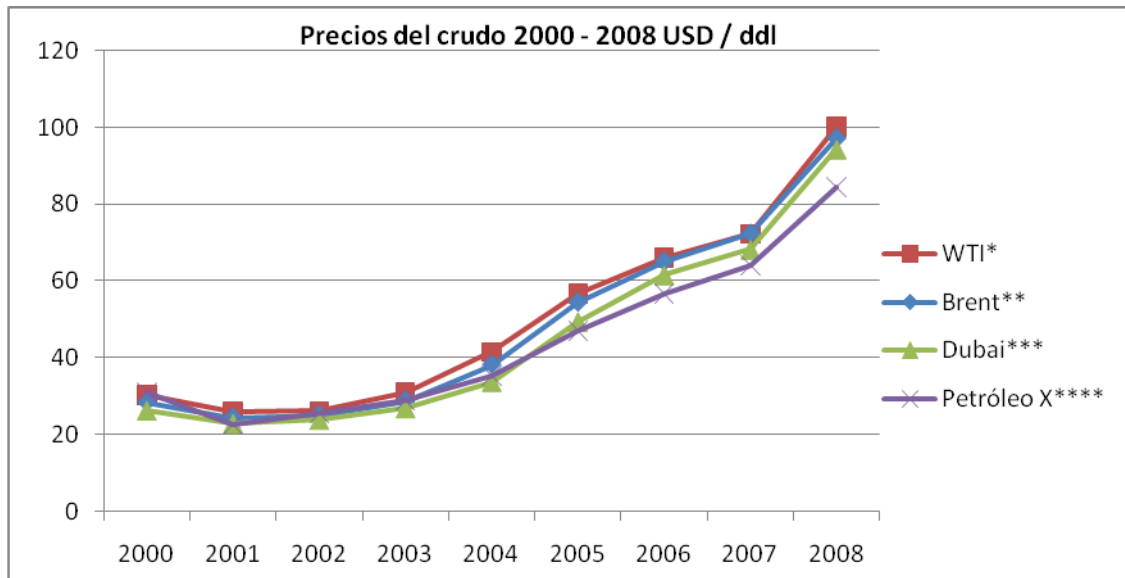
- West Texas Intermediate (WTI) es el crudo de referencia usado por gran parte del hemisferio occidental.
- North Sea Brent es el crudo marcador para crudos de Europa, África y Asia Central, así como de los crudos de Medio Oriente que tienen como destino los mercados occidentales.
- Dubai Fateh es el crudo marcador que se utiliza en los mercados de Asia.

El mismo informe explica “Estos tres marcadores generalmente son útiles medidores de las condiciones del mercado petrolero, excepto durante periodos de disturbios prolongados y localizados. Debido a que los crudos a los cuales sirven de marcadores son de distintas calidades, sus precios varían. Sin embargo, debido a las posibilidades de arbitraje en los mercados, los diferenciales de precios son generalmente constantes y el precio de los crudos marcadores se encuentra altamente correlacionado”<sup>20</sup>. Por lo anterior, tomando en consideración dichos criterios usare como referencia los precios spot de estos crudos.

Como se muestra en el gráfico 1 hasta 2008 el precio del crudo seguía una tendencia al alza; la gráfica muestra el comportamiento de los precios spot de los principales crudos (WTI, Brent y Dubai), así como los precios de la mezcla mexicana de exportación (a precios constantes de 2008).

Como se puede observar en el año 2000 el precio del crudo era de 30.37, 28.5, 26.2 y 31.0 USD/ddl (dólares por barril) para los diferentes crudos, mientras que en 2008 estos precios llegaron a los 100.06, 97.26, 94.34 y 84.38 USD/ddl; en promedio en 2008 cada barril de petróleo costaba 97.22 dólares sin tomar en cuenta el precio de la mezcla mexicana. La mezcla mexicana alcanzó su nivel más alto de los últimos cinco años en 2008. En el período 2005 – 2009 sus precios fueron de 42.71, 53.04, 61.64, 84.38 y 57.44 dólares por barril.

**Gráfico 1.**



\* Fuente: BP, "Statistical Review of World Energy" Junio 2009.

\*\* Fuente: BP, "Statistical Review of World Energy" Junio 2009.

\*\*\* Fuente: BP, "Statistical Review of World Energy" Junio 2009.

\*\*\*\*Fuente: Pemex "Anuario Estadístico 2009" México 2009.

En 2008 (año en que el precio del petróleo mexicano de exportación logro su máximo) llego a cotizarse hasta en 120.25 USD/ddl en el mes de Julio; en 2010 nuevamente ha comenzado a tener aumentos, en lo que va del año en promedio ha costado 70.44 USD/ddl teniendo su máximo en el mes de marzo cuando se llego a cotizar en 72.87 USD/ddl.

## **2.7 LA IMPORTANCIA DEL PETRÓLEO EN EL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA.**

Hay quienes todavía se preguntan el porque darle tanta importancia al petróleo; bástenos mostrar algunos datos que dejan más que claro la importancia que este combustible tiene para la sociedad actual.

El consumo total de energía se divide en energía primaria y energía secundaria, la energía primaria es toda forma de energía disponible en forma directa o indirecta en la naturaleza y que no sufre ninguna modificación física o química para su uso energético, mientras que la energía secundaria

son todos los recursos energéticos que deben ser transformados (física o químicamente) debido a que no son utilizables directamente.

Entre las fuentes de energía primaria se contabilizan el petróleo, el gas natural, los sólidos (principalmente el carbón mineral y la leña), la Hidroenergía, la energía nuclear y las energías renovables. En los últimos años se le ha comenzado a dar mayor importancia a fuentes de energía primaria como la biomasa contabilizándola en un rubro separado de las demás energías renovables. Dentro de la energía primaria también se contabiliza la energía geotérmica.

Como energía secundaria se pueden contabilizar la electricidad, el gas licuado, las gasolinas, el queroseno, el diesel, el combustóleo, el coque de carbón, el coque de petróleo, el carbón vegetal y los productos no energéticos o materia prima. El volumen total de energía se puede ver desde el lado de la oferta o desde la demanda. Y se integran de la siguiente forma.

Oferta Total = Producción + Otras fuentes + Importación +/- Variación de inventarios +/- Maquila intercambio neto – Exportación – No aprovechada.

Demanda Total = Consumo del sector energético + Consumo en centros de transformación + Transferencias + Recirculaciones + Consumo final + Pérdidas por transporte, distribución y almacenamiento + Diferencia estadística.

De acuerdo con los datos presentados por el Organismo Internacional de Energía (AIE, por sus siglas en inglés), en su reporte estadístico 2009 “Key World Energy Statistics”, la producción mundial de energía primaria fue de un total de 11939.53 Mtoe, de las cuales el petróleo crudo participaba con 4000.95 Mtoe, lo que representa el 33.51% dentro de la producción mundial total; mientras que la OPEP en su informe “World Oil Outlook 2009” reporta una producción total de energía primaria de 11109.00 Mtoe para el mismo año, de las cuales 4045.00 Mtoe son petróleo crudo, una participación de 36.41%.

La AIE en su Balance 2009, en el cual se toman en consideración las ecuaciones de Oferta y Demanda Totales nos muestra que el volumen mundial de energía en 2007 fue de 8286.07 Mtoe, ya en el balance total el petróleo crudo solo arroja 14.05 Mtoe debido a que la mayor parte de la

producción se consume en la industria, principalmente en las refinerías de crudo (3959.95 Mtoe en 2007); por lo que los petrolíferos (productos del petróleo) pasan a tener mayor importancia dentro del balance total con una participación del 42.45% (3517.69 Mtoe).

En el total de la producción de energía primaria, los combustibles renovables participaban con el 9.8% (1175.12 Mtoe) mientras que en el balance total participan con el 12.41% (1029.00 Mtoe) según datos de la AIE. El segundo y tercer lugar dentro de la producción total primaria lo ocupan la leña y el gas con 3208.54 y 2498.03 Mtoe respectivamente; en el balance total estos lugares se invierten debido a que gran parte de la producción de leña se consume en la industria, principalmente en las plantas de generación de electricidad (1883.67 Mtoe).

Visto por sector, el balance nos muestra que es el sector transporte quien tiene los mayores requerimientos energéticos a nivel mundial (2296.73 Mtoe en 2007), la industria tiene requerimientos por el orden de 2274.72 Mtoe, 769.94 Mtoe es para usos no energéticos y 2944.68 Mtoe es para el resto de los sectores.

Dentro del sector transporte la mayor parte de sus requerimientos provienen de los petrolíferos (2160.94 Mtoe), de hecho del total de los productos del petróleo (3517.69 Mtoe), 61.43% se usa en el transporte, en 1973 esta cifra era de 45.4%, mientras que la industria en ese año consumía el 19.93% de la producción de petróleo (crudo y refinados) para 2007 esta cifra baja para ubicarse en 9.2%; el resto de los requerimientos del sector transporte provienen del gas, los renovables y otros combustibles (74.77, 34.15 y 23.34 Mtoe respectivamente).

Con los datos mostrados nos queda muy claro por si es que había alguna duda, la sociedad actual y la actividad económica mundial tienen una fuerte dependencia del petróleo, quizá sea el querer disminuir esta dependencia lo que ha llevado en los últimos años a varios países a poner mayor atención en otras fuentes de energía.

En su "World Oil Outlook 2007", la OPEP proyectaba que para 2010 el crudo tendría una participación del 38.4% del total de la producción de energía primaria mientras que la hidroenergía, la energía nuclear y las renovables participarían en total con el 9.9% cifra que disminuiría a 9.6 y 9.2% para el 2020 y el 2030. La coyuntura mundial ha llevado a la OPEP ha



modificar estas proyecciones y en su mismo informe del 2009 proyecta que para 2010 el petróleo tendrá una participación del 35.1% dentro de la producción de energía primaria, cifra que disminuirá a 33.1 y 31.0% para 2020 y 2030, mientras que la Hidroenergía, la energía nuclear y las renovables tendrán en total una participación del 13.8, 14.9 y 16.7% para 2010, 2020 y 2030.

Dentro de estos últimos porcentajes, la biomasa participaría con el 28.26, 30.87 y 31.73% respectivamente; lo que dentro del total de la producción de energía primaria representaría el 3.9, 4.6 y 5.3% (446, 618 y 840 Mtoe para los años 2010, 2020 y 2030 respectivamente).

En el caso de México, la OLADE en su estudio titulado “Mapeo de Energía y Clima en América Latina” reporta que la oferta total de energía primaria en el año 2007 fue de 1200165 Mbep, de los cuales 531522 Mbep corresponden a petróleo (44.28%), los segundo y tercer lugares los ocupan el gas natural y el carbón mineral con 481327 y 65764 Mbep (40.10 y 5.47%). La oferta total de energía secundaria en 2007 fue de 822509 Mbep, en este rubro quienes tienen mayor participación son las gasolinas, la electricidad y el diesel los cuales aportan el 30, 17 y 16% de la oferta total.

El estudio de la OLADE, coincide con los datos estadísticos que presenta la SENER en el Balance Nacional de Energía 2008, este balance reporta una oferta total de energía primaria para 2007 de 7253.97 PJ, de los cuales 3086.47 son petróleo (42.54%), nuevamente el gas ocupa el segundo lugar (39.62% de la oferta total). Para el año 2008 la oferta total de energía primaria en el país fue de 7367.22 PJ, donde el petróleo y el gas ocuparon los primeros lugares con 3213.28 y 2851.19 PJ respectivamente (43.6 y 38.7% del total).

Llegado a este punto es válido hacer una aclaración, nunca se deben confundir las cifras de la producción total de energía primaria con las de la oferta total de energía primaria, debido a que la cifra de la producción por lo general (en el caso de México) es casi siempre mayor a la oferta. Por ejemplo en el caso de México la producción total de energía en 2008 fue de 10500.16 PJ, mientras que la oferta total tan solo fue de 7367.22 PJ, cifra que resulta de aplicar la ecuación de la oferta total es decir:

Oferta Total (7367.22) = Producción (10500.16) + Otras fuentes (640.84) + Importación (114.42) +/- Variación de inventarios (-61.23) +/- Maquila intercambio neto (0.00) – Exportación (3286.46) – No aprovechada (540.5). Aclaro la suma no coincide debido a los criterios de redondeo utilizados en los Balances.

En el caso de la energía secundaria, la producción de México en 2008 fue de 5584.81 PJ, mientras que la oferta fue de 7258.67 PJ, donde el gas seco, las gasolinas y naftas, el diesel y la electricidad fueron los rubros con más participación, 31.0, 22.7, 12.0 y 11.6% respectivamente.

Dentro de la energía primaria, la biomasa tuvo una producción de 346.31 PJ y 345.44 PJ para los años 2007 y 2008, cifras que representan el 3.3% de participación en el total de la producción para ambos años; mientras que dentro de la oferta estas cifras fueron de 345.23 y 344.36 PJ para los mismos años, lo que representan participaciones del 4.8 y 4.7%.

Visto desde el consumo sucede algo parecido con los términos producción y oferta totales, en este caso hay que diferenciar el consumo total nacional de los diferentes consumos que lo integran (el consumo final total, el consumo en los centros de transformación, el consumo propio del sector energético así como el consumo no energético). Una vez aclarado esto, el consumo total nacional en 2008 fue de 8478.46 PJ que es la suma de los diferentes consumos.

Para los fines de este estudio el consumo que más me interesa hacer notar es el consumo final total de energía, el cual en 2008 fue de 5101.23PJ (60.16% del consumo total nacional); este consumo a su vez se divide en consumo no energético total y consumo energético total, y es este último rubro en el cuál se contabiliza el consumo por sector. Para 2008 los consumos para los diferentes sectores fueron los siguientes.

- Residencial, comercial y público: 900.84 PJ
- Transporte: 2427.54 PJ
- Agropecuario: 144.75 PJ
- Industrial: 1341.79 PJ

Estos datos nos muestran que México no es la excepción en la tendencia mundial, el consumo en el transporte representa el 28.63% del consumo nacional total, porcentaje que se incrementa si es visto desde los sub rubros del consumo. Es decir, representa el 47.58% del consumo final total así como el 50.41% del consumo energético total.

Ya para finalizar esta parte de estudio solo resta anotar que la ecuación de la oferta debe ser igual a la demanda; ya más arriba anote los datos de la oferta, por el lado de la demanda, la ecuación queda de la siguiente forma.

Demanda Total (7367.22) = Consumo del sector energético (208.35) + Consumo en centros de transformación (5983.23) + Transferencias (485.85) + Recirculaciones (254.63) + Consumo final (351.95) + Pérdidas por transporte, distribución y almacenamiento (29.86) + Diferencia estadística (53.35). Por lo que el balance nos arroja que Oferta Total = Demanda Total.

Hasta aquí he mostrado un panorama general del estado de la energía en el mundo y en nuestro país haciendo hincapié en el petróleo y las renovables, pero antes de poder concluir si es este punto lo que ha llevado a los países de todo el mundo a mostrar interés por el uso de los agrocombustibles, primero veamos ese otro factor del que tanto se habla actualmente y me refiero al ya famoso “calentamiento global”.

## **EL CALENTAMIENTO GLOBAL.**

El objetivo de esta parte del estudio es dar una breve explicación de lo que se entiende o se conoce como calentamiento global, posteriormente mostrare algunos indicadores del estado de “salud” de nuestro planeta así como las acciones que se han venido adoptando tanto en el ámbito mundial como en nuestro país para abatir esta problemática.

Para tener una comprensión clara del tema primero daré una definición de lo que es el clima. “El clima es consecuencia del vínculo que existe entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielos (criosfera), los organismos vivos (biosfera) y los suelos, sedimentos y rocas (geosfera)”<sup>21</sup>. La atmósfera a su vez se divide en varias capas (troposfera, tropopausa, estratosfera, estratopausa,

mesosfera y termosfera) en las cuáles, principalmente en la troposfera (75% del total) se encuentran los gases que componen la atmósfera.

Entre los distintos gases que componen la atmósfera se encuentran los gases de efecto invernadero (GEI) es decir el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el ozono (O<sub>3</sub>) entre otros. La existencia de estos gases en la atmósfera en condiciones naturales es normal y ayudan a regular la temperatura del planeta, esto encuentra su explicación debido a que la tierra por un lado recibe energía del sol (onda corta) mientras que la tierra emite radiación infrarroja (onda larga); lo que hacen estos gases es lo siguiente “los gases invernadero permiten que la radiación de onda corta solar penetre sin impedimento pero absorben la mayor parte de la emisión de ondas largas terrestres”<sup>22</sup>.

Es decir, los GEI impiden que la radiación (onda larga) que emite la tierra salga o escape en su totalidad de la atmósfera, por lo que una parte de ella regresa a la tierra provocando un aumento en la temperatura del planeta, a este fenómeno es lo que se le conoce como “efecto invernadero” el cual es necesario para la vida en la Tierra ya que sin el la temperatura global que es de aproximadamente 15°C en promedio podría ser de hasta -18°C.

Por lo tanto, el problema que enfrenta el planeta en la actualidad es que la actividad humana ha provocado que las emisiones de GEI a la atmósfera sean excesivas, por lo que una mayor concentración de GEI en la atmósfera tiene como resultado que una mayor parte de la radiación terrestre (onda larga) no pueda salir del planeta y por tanto regrese a la tierra provocando aumentos en la temperatura, de aquí el nombre de calentamiento global.

El IPCC quien es una fuente principal cuando se trata de este tema (en el se agrupaban 2500 científicos en su formación), define el cambio climático de la siguiente forma “Para el IPCC, el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana. Este significado difiere del utilizado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), que

describe el cambio climático como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables”<sup>23</sup>.

Para tener una mejor comprensión de los daños provocados por la actividad humana se concluye que los GEI tienen dos fuentes, una que serían las fuentes naturales y otras denominadas fuentes antropogénicas, en estas se encuentran la quema de combustibles fósiles, cambios en el uso de suelos, quema de biomasa y los basureros entre otras. De los GEI provocados por la actividad humana el CO<sub>2</sub> es el que presenta la mayor concentración y por lo tanto el mayor problema, en el año 2000 se calculaba que participaba con el 60% de las emisiones totales que provocan el calentamiento global de los cuáles el 51% corresponde a la quema de combustibles fósiles, el otro 9% proviene de la deforestación.

Cifras de la AIE indican que en el año 1973 el total de emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del uso de combustibles fue de 15640 Mt mientras que en 2007 esta cifra casi se duplico alcanzando las 28962 Mt de CO<sub>2</sub>, cifra en la cual el petróleo participa con el 37.6% (10890 Mt en 2007), en 1973 participaba con el 50.6% del total (7914 Mt). Visto por región en el año 1973 los países de la OCDE participaban con el 65.8% del total de emisiones, en 2007 esta participación ha disminuido a el 44.9% y comienza a tener mayor participación principalmente China (21%), quien en 1973 solo participaba con el 5.7%.

En el caso de México datos reportados por la OLADE indican que el total de emisiones de CO<sub>2</sub> del país fue de 429.74 Mt en 2007, siendo el país de la región de América Latina y el Caribe que más emisiones reporta seguido por Brasil con 384.6 Mt. Cabe aclarar que aun siendo el país con mayores emisiones de la región solo contribuye con el 1.48% del total mundial, por lo que la región en su totalidad solo representa el 5.1% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> (1479.41 Mt en 2007).

La tasa promedio de crecimiento de emisiones de CO<sub>2</sub> para el caso de México ha sido de 149.43% en el período 1978 – 2007 en el cual tuvo sus mayores incrementos en los quinquenios 1978 – 1983 y 1993 – 1998, períodos en los cuales las emisiones aumentaron de 172.29 a 228.98 Mt y

302.58 Mt a 378.07 Mt, los cuales representaron incrementos del 32.9% y 24.95% respectivamente.

Visto por sector el mayor numero de emisiones de CO<sub>2</sub> para el caso de México proviene del transporte con 159.10 Mt en 2007, mientras que en 1978 esta cifra era de 57.33 Mt, el segundo lugar lo ocupa la generación de electricidad con 82.68 Mt seguido de la industria y el consumo propio de energía con 62.42 y 54.79 Mt en 2007, el sector residencial participa con 19.22 Mt; en el caso de Brasil que como ya hemos visto ocupa el segundo lugar en emisiones de CO<sub>2</sub> en la región, estas se dividen por orden de importancia de la siguiente forma: 177.59, 88.93, 24.07, 18.31 y 15.08 Mt en los sectores de transporte, industria, producción y consumo propio de energía, electricidad y residencial respectivamente.

Como mencione anteriormente China ha aumentado sus emisiones de CO<sub>2</sub> rápidamente, actualmente es el país con mayores emisiones, en 2007 sus emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera fueron de 6027.85 Mt (21% del total mundial) de acuerdo a datos de la AIE, el segundo, tercero, cuarto y quinto lugar por orden de importancia y que son los 5 países que tienen mayor significancia en el total de emisiones de CO<sub>2</sub> (juntos representan el 55.05% del total mundial de emisiones) son los siguientes.

- Estados Unidos con el 19.9% del total de emisiones (5769.31 Mt)
- Rusia con el 5.4% del total de emisiones (1587.36 Mt)
- India con el 4.5% del total de emisiones (1324.05 Mt) y finalmente
- Japón con el 4.2% del total de emisiones (1236.34 Mt)

Recopilando lo escrito hasta aquí podemos inferir que el desarrollo económico de los países ha traído consecuencias deteriorando la base de recursos naturales, sabemos también que esto se debe principalmente a las emisiones excesivas de CO<sub>2</sub> y estas a su vez a la quema de combustibles fósiles; ahora veamos que acciones se están desarrollando para resolver este problema así como las consecuencias que ya ha dejado el cambio climático y las que podría dejar si no se actúa de forma adecuada.

Ante esta situación, la comunidad internacional comenzó a prestarle importancia al tema del desarrollo sustentable y el cambio climático como ya veíamos en el capítulo uno a través de la Cumbre de la tierra en 1992 en la que se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y cuyo objetivo fue “estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) de manera de evitar posibles cambios climáticos”<sup>24</sup>. El mismo documento nos describe “Cinco años después, en diciembre de 1997 los países Partes que habían aprobado la Convención, firmaron el Protocolo de Kioto (PK). El objetivo principal del PK es la reducción global de las emisiones de GEI de los países desarrollados en el plazo que va del 2008 al 2012 a un 5,2% por debajo de las emisiones ocurridas en esos países en 1990”<sup>25</sup>.

Así mismo, en 1989 se crea el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por su acrónimo en inglés), el cual realiza estudios científicos para apoyar la toma de decisiones de los gobiernos en el tema, dicho Panel también emite Informes de forma periódica, hasta la fecha desde su creación ha emitido cuatro informes en los años 1991, 1995, 2001 y su último informe de 2007 publicado en 2008.

En su informe de síntesis de Cambio Climático 2007 el IPCC hace un reporte basado en 6 temas principales, el primero es “Cambios observados en el clima y sus efectos”, en esta parte, el informe hace énfasis en hacer notar que el aumento en la temperatura es un hecho real e inequívoco, lo cual ya no debe ser motivo de discusión. El informe reporta “De los doce últimos años (1995 – 2006), once figuran entre los doce años más cálidos de los registros instrumentales de la temperatura mundial en superficie (desde 1850)...Entre 1956 y 2005, el calentamiento lineal (0.13 [entre 0.10 y 0.16]°C por decenio) ha sido casi el doble del experimentado en los cien años transcurridos desde 1906 hasta 2005”<sup>26</sup>.

Otro punto importante del informe es el tema 3 en el cual se presentan los impactos del cambio climático en el corto y largo plazos bajo diferentes escenarios; hasta el año 2000 ya se tenía un aumento en la temperatura global del planeta de 0.6°C. En su informe el IPCC plantea 6 escenarios, cada uno de ellos contempla variables demográficas, económicas y tecnológicas. De acuerdo a estos escenarios, la temperatura tendría un aumento de entre 1.1°C como punto mínimo y 6.4°C como máximo en el año 2099; mientras que el nivel del mar tendrá un aumento de entre 0.18 y 0.59 m en 2099. El mismo informe nos dice que inclusive aunque las emisiones de GEI

se estabilizaran el aumento en la temperatura y el nivel del mar continuarían durante siglos debido a las escalas de tiempo asociadas al clima. A continuación, enumero algunas consecuencias del cambio en el clima.

- Ecosistemas: La resiliencia de numerosos ecosistemas se verá probablemente superada en el presente siglo por una combinación sin precedentes de cambio climático, perturbaciones asociadas (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios incontrolados, insectos, acidificación del océano) y otros originantes del cambio mundial (por ejemplo, cambio de uso de la tierra, contaminación, fragmentación de los sistemas naturales, sobreexplotación de recursos)<sup>27</sup>.
- Alimentos: Según las proyecciones, la productividad de los cultivos aumentará ligeramente en latitudes medias a altas para aumentos de la temperatura media de hasta 1 a 3°C en función del tipo de cultivo, para seguidamente disminuir por debajo de ese nivel en algunas regiones...En latitudes inferiores, especialmente en regiones estacionalmente secas y tropicales, la productividad de los cultivos disminuiría para aumentos de la temperatura local aún menores (de entre 1 y 2°C), que incrementaría el riesgo de hambre.... A nivel mundial, el potencial de producción alimentaria aumentaría si el promedio local de la temperatura aumentase entre 1 y 3°C, aunque por encima de estos niveles disminuiría<sup>28</sup>.
- Costas: Las costas estarían expuestas a mayores riesgos, y en particular a la erosión. Este efecto se vería exacerbado por la creciente presión ejercida por la presencia humana sobre las áreas costeras....De aquí al decenio de 2080 padecerían inundaciones todos los años por efecto del aumento del nivel del mar muchos millones de personas más que en la actualidad. La población afectada sería máxima en los grandes deltas de baja altura y alta densidad de población de Asia y África, en tanto que las islas pequeñas serían especialmente vulnerables<sup>29</sup>.
- Industria, asentamientos y sociedad: Las industrias, asentamientos y sociedades más vulnerables son, en términos generales, las situadas en llanuras costeras y planicies propensas a las crecidas fluviales, así como aquellas cuya economía está estrechamente vinculada a recursos sensibles al clima, y otras ubicadas en áreas propensas a fenómenos meteorológicos extremos, especialmente allí donde los procesos de urbanización son rápidos<sup>30</sup>.



- Salud: La situación sanitaria de millones de personas resultaría afectada, ya que agravaría la malnutrición y el número de defunciones, enfermedades y lesiones causadas por fenómenos meteorológicos extremos; aumentaría la carga de enfermedades diarreicas; crecería la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias debido al aumento de las concentraciones de ozono en niveles bajos de áreas urbanas por efecto del cambio climático; y se alteraría la distribución espacial de ciertas enfermedades infecciosas<sup>31</sup>.
- Agua: En América Latina. Hacia la mitad de siglo, los aumentos de temperatura, y por consiguiente, la disminución del agua en los suelos darían lugar a una sustitución gradual de los bosques tropicales por las sabanas en el este de la Amazonia. La vegetación semiárida sería progresivamente sustituida por vegetación de tierras áridas...En América del Norte. El calentamiento reduciría los bancos de nieve, incrementaría las crecidas invernales y reduciría los flujos estivales, intensificando la competición por unos recursos hídricos excesivamente solicitados<sup>32</sup>.

Una vez vistas las secuelas que ya está dejando el cambio del clima en el camino y las que podría dejar, veamos un repaso rápido de lo que se está haciendo en el ámbito internacional para frenarlo; básicamente esto nos remite a el Protocolo de Kioto, dicho Protocolo divide a los países en dos grupos: países del Anexo 1 (países desarrollados) y países del Anexo 2 (en vías de desarrollo); solo los países del Anexo 1 tienen compromisos “obligatorios” de reducir sus emisiones mientras que los del Anexo 2 pueden tomar “compromisos voluntarios”.

El dilema con el Protocolo es que no obliga necesariamente a los países del Anexo 1 a reducir sus emisiones en su propio territorio sino que lo puede hacer en otros países a través de los llamados “Mecanismos de flexibilización”, estos mecanismos se dividen en tres: comercio de derechos de emisión, Implementación conjunta y Mecanismo de desarrollo limpio.

- Comercio de derechos de emisión: La idea básica de este mecanismo es que un país que ha hecho el esfuerzo de reducir sus emisiones por debajo de su compromiso, pueda vender la parte que le sobra a otro país para el cumplimiento de los compromisos de este último<sup>33</sup>.
- Implementación Conjunta (IC): Por la vía de este mecanismo, los países Anexo 1 pueden entre sí realizar proyectos para reducir emisiones y negociar la reducción lograda<sup>34</sup>.

- Mecanismo de desarrollo limpio (MDL): Propone como objetivo ayudar a las partes no Anexo 1 a lograr un desarrollo sostenible y a las Partes incluidas en el Anexo 1 a cumplir sus compromisos. El mecanismo permite a estos últimos utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de proyectos realizados en los países no Anexo 1 para dar cumplimiento a parte de sus compromisos en el PK<sup>35</sup>.

Aunado a lo anterior, los países participantes en el Protocolo de Kioto celebran periódicamente reuniones, mejor conocidas como “Conferencias de las Partes (COP)”, de estas la más reciente es la COP 15 celebrada en Dinamarca en diciembre de 2009, el objetivo principal que se propone es mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2°C; de la COP 15 también se desprenden los siguientes acuerdos, con los cuales los países desarrollados se comprometen a dar financiamiento para la mitigación y adaptación al cambio climático.

- Financiamiento a corto plazo por 10.000 millones de dólares al año con distribución balanceada entre mitigación y adaptación, disponible para el período 2010-2012<sup>36</sup>.
- Financiamiento a largo plazo por un máximo de 100.000 millones de dólares al año para 2020 (un panel de alto nivel identificará la contribución de fuentes potenciales de ingresos)<sup>37</sup>.
- Un nuevo Fondo verde de Copenhague para el clima que funciona en virtud del mecanismo financiero de la CMNUCC para apoyar proyectos, programas, políticas y otras actividades de mitigación, incluida la reducción de emisiones por deforestación, la adaptación, la construcción de capacidades y el desarrollo y la transferencia de tecnología<sup>38</sup>.
- Un nuevo mecanismo tecnológico, guiado por la demanda de los países, que se basará en circunstancias y prioridades nacionales<sup>39</sup>.
- Un mecanismo para proveer, de manera inmediata, incentivos para reducir emisiones por deforestación y degradación de bosques<sup>40</sup>.

En términos generales, después de tantas Conferencias de las Partes, lo cierto es que se han llegado a pocos acuerdos concretos, aunque los países del Anexo 1 hayan adoptado compromisos no existen sanciones que los obliguen a cumplir dichos compromisos; por su parte estos países debaten el hecho de que países como China que actualmente es quien más emisiones tiene no

haya asumido compromisos “obligatorios”, mientras que los países Anexo 2 (principalmente aquellos que han tenido crecimiento en los últimos años como por ejemplo China, India o Venezuela), debaten el hecho de que el cambio climático es un problema que tuvo su origen hace ya varias décadas y que por lo tanto ellos no deben frenar su crecimiento por un problema del que ellos “no son culpables”.

Por otro lado también existe cierta polémica en cuanto a los mecanismos de flexibilización como por ejemplo el como contabilizar la disminución de emisiones en los mecanismos de Implementación Conjunta. Aquí hay que recordar que los países del Anexo 2 entre los cuáles se encuentra México solo pueden ser partícipes de los MDL, también hay que decir que los MDL son la forma más atractiva de reducir emisiones para los países Anexo 1.

A través de los MDL los países Anexo 2 han visto una oportunidad para atraer inversiones, México no ha sido la excepción y en su iniciativa de Ley de desarrollo y promoción de los bioenergéticos esto se aprecia de forma clara en su exposición de motivos en donde refiriéndose a los MDL dice “Este mecanismo es similar al de la IC, con la diferencia de que los países destinatarios de la inversión no pertenecen al Anexo 1, lo que abre la posibilidad de que este tipo de proyectos beneficie a economías en desarrollo. Al estar las energías renovables fuertemente vinculadas con el uso de fuentes limpias, este mecanismo representa una gran oportunidad para impulsar su desarrollo en México”<sup>41</sup>.

De todo lo expuesto sabemos que el cambio climático es un hecho real, el cuál ya ha dejado consecuencias, las cuáles podrían ser devastadoras para el planeta si no se actúa de forma adecuada. Sabiendo que el principal detonante del problema es la quema excesiva de combustibles fósiles principalmente el petróleo podríamos decir que el buscar sustitutos para este combustible es justificado.

Pero será realmente el “espíritu ecologista” de los gobiernos lo que los ha llevado a buscar fuentes más limpias de energía o será la preocupación de los países que más petróleo consumen el hecho de que algún día puedan quedarse sin fuentes de abastecimiento o tal vez los países firmantes de los 2 Anexos solo han visto en este nuevo “mercado de ozono” un nuevo nicho donde hacer negocios.

## 2.9 LA GEOPOLÍTICA DEL PETRÓLEO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Queda planteada la duda acerca de lo que realmente pasa por la mente de los gobernantes cuando hablan de estos temas y lo que nos dicen en sus discursos, pues bien el objetivo de este apartado es inferir que es lo que realmente ha motivado el desarrollo de los agrocombustibles, para ello partiré de la siguiente pregunta ¿Para cuantos años queda petróleo?

Las reservas mundiales de petróleo se ubicaban en 1295085 mb al cierre de 2008, mientras que el consumo mundial de refinados en ese mismo año fue de 79226.5 mbd lo que anualizado representa un consumo de 28917.67 mb; tomando como referencia el balance de energía tenemos que dentro del total que se consume de petróleo, el crudo representa aproximadamente un 0.398% (115.55 mb), con lo que se tiene un consumo total anual de 29032.76 mb, por lo tanto, manteniendo constante el nivel de consumo estas reservas alcanzarían para 44.6 años.

Visto por país, para algunos la situación es preocupante, bajo el supuesto de que la producción se mantuviera constante a los niveles de 2008 países como China, Estados Unidos y México tienen reservas solo para 11 años aproximadamente como se muestra en el gráfico 2, Brasil tendría reservas para 19 años; los países más desatcados serían aquellos que pueden mantener su nivel actual de producción más allá del 2050, por orden de importancia estos países son Nigeria, Libia, Arabia Saudita, Qatar, Irán, Kuwait, Los Emiratos Árabes, Iraq y Venezuela.

La mayoría de estos países se encuentran en Medio Oriente y algunos en África, solo Venezuela es el único caso fuera de estas regiones y aquí surge la primera pregunta ¿A quienes les conviene sustituir petróleo por etanol?, visto desde las reservas la situación es preocupante para países como Estados Unidos o China y el problema como lo plantean muchos autores no es que este recurso sea escaso en el subsuelo sino que países como Estados Unidos mantienen estilos de vida que hacen que este recurso lo consuman en cantidades enormes, recordemos en 2008 representaba el 23.92% del total de refinados y su consumo per cápita era de casi 3 toneladas.

Por otro lado si bien es cierto que países como China o India están aumentando su demanda de petróleo de forma acelerada en los últimos años debido a su rápido crecimiento y que de aquí los usamericanos tomen como pretexto el cambio climático para intentar frenar su crecimiento de las

nuevas potencias de este siglo argumentando que China o India deberían adquirir compromisos para reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cierto es que todavía hasta 2007 Estados Unidos era quien mayores emisiones reportaba y aquí vale la pena citar lo que el profesor Bustelo escribía en 2005. “China consume más petróleo que Japón desde 2003, año en el que se convirtió en el segundo consumidor mundial. En 2004 China consumió 6,6 mbd, una cantidad equivalente todavía a una tercera parte del consumo de EEUU (20,5 mbd), pero con un crecimiento del 16% con respecto al año anterior (cinco veces más que la tasa correspondiente al conjunto del mundo)...aun hoy, China consume por habitante 4 veces menos energía primaria que Japón y Alemania, 4.3 veces menos que Francia y 7.9 veces menos que los EEUU”<sup>42</sup>.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la OPEP.

Y ya en 2009 el profesor Joel Sangronis escribía “En China se consumen entre 1 y 2 barriles (dependiendo de la región) por habitante, por año, mientras que en India el promedio no llega a medio barril. Obviamente chinos e indios son muchos y esto hace que esos países, vistos globalmente, consuman mucho, pero en Latinoamérica y el Caribe el promedio de consumo es de 4 a 5 barriles por persona, por año, 14 a 15 barriles en la Unión Europea y de 24 a 25 en los EEUU,

entonces ¿Quién consume más?, ¿Quién ejerce más presión sobre la demanda mundial?, ¿Quién contamina más?”<sup>43</sup>.

Queda claro entonces que ese espíritu ecologista del que se han revestido en los últimos años los



usamericanos es muy cuestionable, el mismo Al Gore en su documental “Una verdad incómoda” da cuenta de que el ex presidente George Bush negaba la existencia de un cambio climático; y que decir del escándalo en 2005 del señor Cooney del cuál el Ing. Jose Gil escribía en 2008 “Cooney, quien no tiene ningún

conocimiento técnico ni mucho menos científico en el tema, editó y, deliberadamente modificó el texto contentivo de pruebas de los efectos nefastos del calentamiento global....Cooney fue interpelado por una comisión del senado, en la cuál no sólo quedo al descubierto su deliberado acto de corrupción al modificar el informe técnico, sino que lo hizo con el visto bueno del alto gobierno en Washington”<sup>44</sup>.

Claro que en aquellos años los usamericanos estaban ilusionados con sus aventuras imperiales en Medio Oriente pero una vez que fueron viendo su fracaso tenían que buscar otras fuentes de energía o al menos proporcionar una distracción en el ámbito internacional en lo que buscan nuevos abastecedores de crudo y que mejor que adoptar el ropaje ecologista y promover el desarrollo de los agrocombustibles.

Y ¿dónde encontrar nuevos proveedores?, pues la región que más reservas posee es Medio Oriente donde las cosas no van muy bien entonces hay que buscar otras opciones, el Gráfico 3 nos muestra que la segunda opción sería América Latina, donde como ya vimos Venezuela es el líder en reservas, pero existe el problema de una PDVSA nacionalizada y un Hugo Chávez que no

muestra mucho respeto a los usamericanos y que por lo tanto no es un abastecedor muy confiable, no queda otra opción más que ver a África con unas reservas de 36 años a los actuales niveles de producción nada despreciables.

Lamentablemente en esta aventura africana los usamericanos no están solos porque ahora tienen que competir con China e India por el control de estas reservas y claro también con los europeos como bien escribe el profesor Joel Sangronis en su ajedrez del petróleo en el que nos dice “los EEUU habían venido instalando una serie de bases militares alrededor de los puntos estratégicos del mapa petrolero africano. En la isla de San Tomé y Príncipe, frente al Golfo de Guinea que aporta el 10% del petróleo africano que consumen los EEUU, ya funciona una gran base aeronaval y hacia el noreste del continente ocupa la gran base militar de Camp Lemonier en Djibuti, en pleno estrecho de Bab al Mandab”<sup>45</sup>.

Y china no se ha quedado atrás, y aquí hay que recordar que la región de Asia pacífico es experta en procesos de integración, en un principio liderada por Japón ahora China ha tomado la batuta y el mismo modelo que en el pasado se implementó en los países de Asia, ahora lo está adoptando en los países africanos, grandes volúmenes de inversión en Investigación y desarrollo, planes de ayuda, inversión en infraestructura y educación.

Lo anterior se ve reflejado en lo escrito por el profesor Joel quien escribe “China ya obtiene de África más del 30% del petróleo que consume y asegura su posición en este mercado con una sutil y heterodoxa (para África) estrategia de ayudas de carácter tecnológico, social, financiera y diplomática, que representa para los países de este continente una opción diferente a las brutales estrategias coercitivas que históricamente efectuaron (y aún lo hacen) allí los europeos y contemporáneamente los usamericanos con sus acciones militares y las terapias de shock y programas de ajuste del Banco Mundial y el FMI”<sup>46</sup>.

Para EEUU su situación actual es de preocupación, los escenarios geopolíticos lo han llevado a adoptar otros planes es muy probable que si hubiera triunfado en Medio Oriente hubieran seguido en la posición de negar las consecuencias del cambio climático, lo cierto es que el tema ha llegado al ámbito internacional y llegó para quedarse y hay algo bueno en todo esto porque de lo

contrario nadie se preocuparía y entonces ¿Cuánto tiempo se hubiera podido sostener sin dañar más al medioambiente los actuales niveles de consumo de petróleo?

El tema del cambio climático sacado a la luz por la situación geopolítica actual ha traído la búsqueda de energías más limpias y amigables con el medio ambiente, ahora hay que ver ¿Qué tanto ayudan los agrocombustibles como el etanol a minimizar los impactos ambientales causados por las emisiones de CO<sub>2</sub>? Y ¿Qué beneficios y consecuencias tendrá para México la participación en este nuevo mercado?



## **CAPÍTULO 3.**

# **DESCRIPCIÓN DEL MERCADO MUNDIAL DE ETANOL.**

El objetivo de este capítulo es ofrecer una panorámica mundial del mercado de etanol, primeramente muestro el volumen de la producción de etanol a nivel mundial para posteriormente mostrar la producción por país, una vez ya ubicados en el estudio de este agrocombustible veremos los diferentes tipos de mezcla que existen, los requerimientos técnicos necesarios para su producción así como las leyes que aplican en los diferentes países.

### **3.1 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ETANOL EN EL MUNDO.**

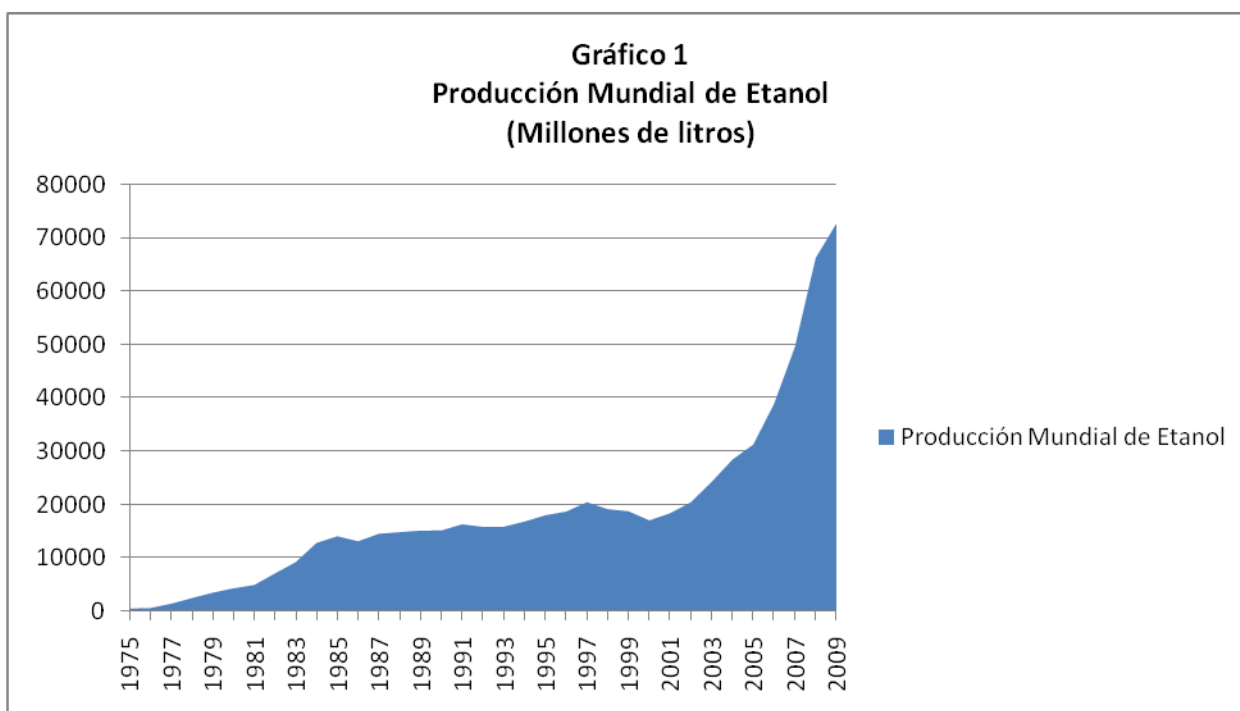
Como se puede observar en el gráfico 1 la producción mundial de etanol ha tenido auge en los últimos años a nivel mundial, en el período mostrado tuvo una tasa de crecimiento promedio de 17.46%; de una producción de 555.94 millones de litros en 1975 se proyecta que en 2009 alcanzo los 72773.08 millones de litros, en el período estudiado tuvo sus máximos niveles en los años 1977, 1982, 1984, 2003, 2006, 2007 y 2008 en los cuáles la producción alcanzo los 1469.84, 7148.22, 17828.59, 24338.35, 38957.76, 49631.60 y 66328.78 millones de litros respectivamente, así mismo, en el período de estudio la producción tuvo caídas en solo 5 ocasiones en los años 1986, 1992, 1998, 1999 y 2000 en los cuales tuvo descensos del 6, 2, 6, 1 y 9%; a partir del año 2001 la tendencia ha venido en aumento.

Visto por país el líder en producción de etanol son los Estados Unidos seguido por Brasil, el tercer lugar lo ocupa China en 2009 su producción fue de 10750, 6577.89 y 486 millones de galones respectivamente, tan solo la producción de Estados Unidos represento aproximadamente el 55.5% del total mundial mientras que Brasil participo con el 34%, por lo que juntos representan aproximadamente el 90% de la producción; la Unión Europea en su conjunto en 2009 participo con el 5.36% del total de la producción de etanol, su volumen en los 3 últimos años fue de 570.3, 733.6 y 1039.52 millones de galones por lo que en el período 2008 – 2009 tuvo un crecimiento cercano al 42%.

En el caso de los Estados Unidos la producción de etanol utiliza como materia prima principalmente el maíz aunque también se utiliza el sorgo mientras que en Brasil la producción se realiza con caña de azúcar. En el caso de México la producción de etanol es aun mínima como se muestra en el gráfico 4, tan solo una producción de 9, 12 y 13 millones de galones en los años 2004, 2005 y 2006 del cual no todo es para uso combustible como lo describe el profesor Luis

Armando quien escribe “en México, desde hace varios años, se produce etanol de caña de azúcar en los diferentes ingenios del país que cuentan con destilerías, solo que su uso es para bebidas embriagantes e industriales...se produce, principalmente , de melazas de caña de azúcar y con una tecnología tradicional y bastante conocida”<sup>1</sup>.

A pesar de que Estados Unidos es el líder en producción de etanol, esta es aun insuficiente para cubrir su demanda interna, por lo que tiene que recurrir a la importación en 2007 la producción cubrió el 94.93% de la demanda total de etanol carburante mientras que para 2008 esta cifra fue del 93.39%, año en el que sus importaciones fueron de 556 millones de galones mientras que sus requerimientos eran de 9636.9 millones de galones. A partir del año 2004 Brasil se ha convertido en el principal proveedor de etanol de los Estados Unidos, año en el que participo con el 57% de las importaciones estadounidenses, mientras que en 2006 llego a representar el 72% (433.7 millones de galones) de las importaciones totales de Estados Unidos, ya para 2007 esta cifra cayo a tan solo el 45% del total de importaciones (188.8 millones de galones), en ese mismo año comenzaron a tener mayor presencia en el mercado de etanol países como Canadá y China.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Earth Policy Institute. En [http://www.earth-policy.org/index.php?/data\\_center/C23/](http://www.earth-policy.org/index.php?/data_center/C23/)

El segundo lugar en importancia en cuanto a producción como ya lo mencione anteriormente es Brasil quien en 2009 su producción alcanzo los 6577.89 millones de galones y es el país pionero en el uso de biocombustibles principalmente en el transporte, el interés por el uso de etanol en Brasil fue la respuesta a la crisis petrolera de los años 70s década en la cual se crea el programa PROALCOOL el cual tenía como objetivo aumentar la producción de alcohol a partir de caña de azúcar para ser utilizado como sustituto en la gasolina. “En 1973, el gobierno brasileño decidió aumentar el porcentaje de mezcla de etanol en la gasolina de 5% a un 20% para contrarrestar el efecto del alza desmedida en los precios internacionales del crudo”<sup>2</sup>.

La experiencia Brasileña se divide en tres etapas, la primera que abarca el período de 1975 a 1979 conocida como fase inicial o implantación; “en esta fase, el logro principal fue el de las destilerías que se anexaron al programa. La producción alcoholera creció de 600 millones de litros por año (1975 – 1976) a 3.4 billones de litros por año (1979 – 1980). Los primeros carros que se movilizaron con alcohol aparecieron en 1978”<sup>3</sup>, así mismo en este período se realizaron “inversiones de aproximadamente 1 billón de dólares”<sup>4</sup>.

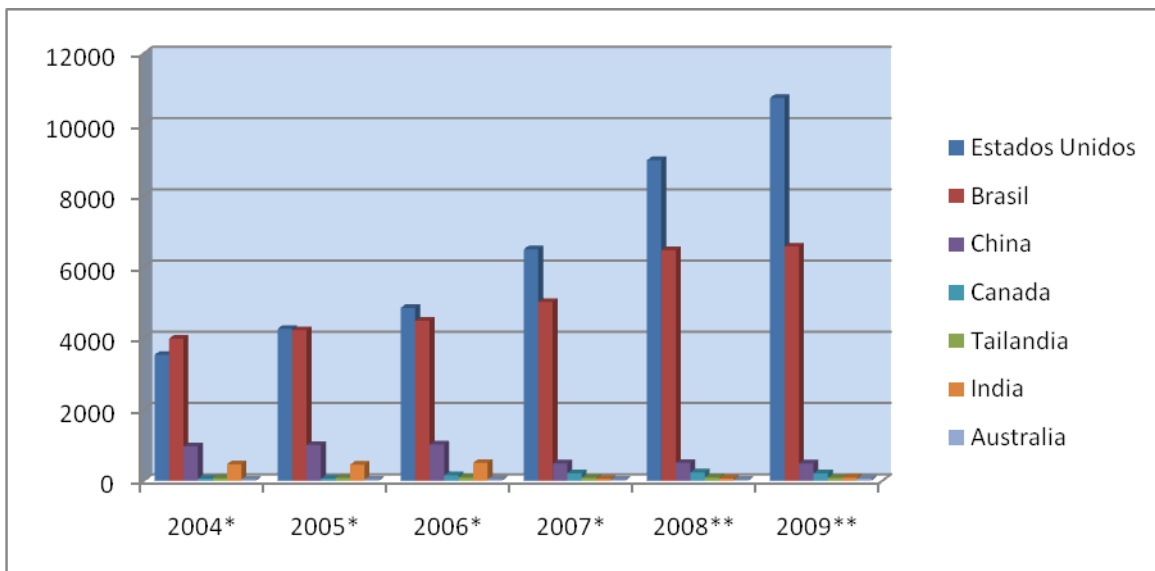
La segunda etapa comprende el período que va de 1980 a 1985 mostro las siguientes características. “La producción alcoholera alcanzó un tope de 12.3 billones de litros en 1986 – 1987, superando en un 15% la meta inicial del gobierno de 10.7 billones de litros por año...La proporción de carros movilizadas con alcohol en el total de automóviles de ciclo Otto (de pasajeros y de uso mixto), producidos en el país, aumentó de 0.46% en 1979 a 26.8% en 1980 y alcanzó un techo de 76.1% en 1986”<sup>5</sup>, así mismo “las inversiones llegaron a 4.5 billones de dólares y la expansión de capacidad instalada paso a 13,600,000 de metros cúbicos anuales, para atender una demanda creciente...las ventas de vehículos para alcohol puro representaban en 1985 más del 80% de las ventas totales”<sup>6</sup>.

La tercera etapa va del año 1986 a la actualidad en esta última etapa se reconoce un período de estancamiento entre los años 1986 a 1995 este estancamiento se debió a diversos factores tanto internos como externos pero destacan la caída de los precios del petróleo y el aumento de los precios del azúcar, en cuanto a este período el informe de la CEPAL describe “surge un período de estancamiento con inversiones de alrededor de 5000,000,000 de dólares hasta mediados de los años noventa e implementación de una capacidad total de producción de etanol algo superior a

15,000,000 de metros cúbicos por año....Como los ingenios no tenían tanto interés en producir como los consumidores en llenar sus tanques de alcohol, al final de la década de los ochenta hubo un serio desfase entre las disponibilidades y el consumo del biocombustible, llegando a la necesidad de importación de alcohol europeo y africano”<sup>7</sup>.

Toda la experiencia adquirida en el uso de la tecnología para producir etanol a través de todos estos años posiciona a Brasil como el líder en la utilización de agrocombustibles aunque ocupe el segundo lugar en producción, después del periodo de estancamiento Brasil ha vuelto a recuperarse y tiene gran proyección en el mercado de agrocombustibles hacia el futuro, en la actualidad su mercado tiene las siguientes características. “En Brasil no existe consumo de gasolina pura. Todos los autos de gasolina usan una mezcla que posee un importante porcentaje de etanol, sin que exista necesidad de hacer adaptaciones a los motores de los vehículos convencionales proyectados para usar gasolina pura”<sup>8</sup>.

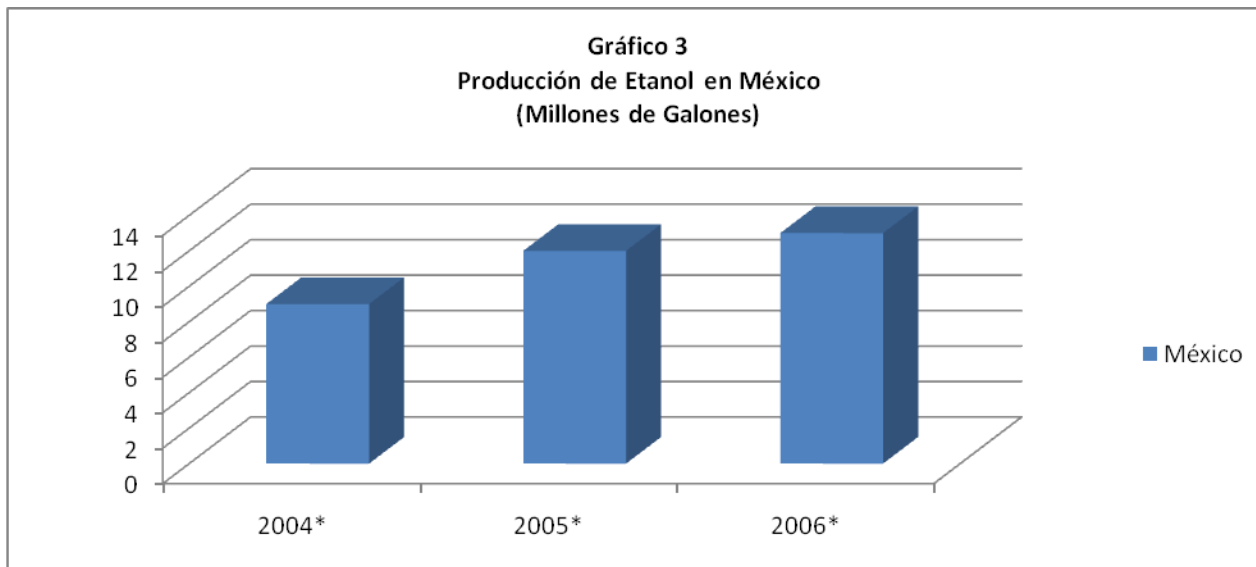
**Gráfico 2:**  
**Producción de etanol por país (millones de galones).**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association. En

\*<http://web.archive.org/web/20080408091334/http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>

\*\*<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association. En

\*<http://web.archive.org/web/20080408091334/http://www.ethanolrfa.org/indu>

“El parque automotor brasileño suma aún hoy más de tres millones de vehículos dedicados (que funcionan exclusivamente con alcohol), además de cerca de 16 millones de vehículos que consumen la mezcla de etanol y gasolina...Las instalaciones de producción de alcohol están ubicadas mayoritariamente en el estado de San Pablo. En toda la región Centro / Sur de Brasil se concentra el 89% de la producción de etanol con 227 destilerías”<sup>9</sup>, así mismo “en la actualidad, utiliza un grado de 25% etanol y 75% de gasolina”<sup>10</sup>.

Ya “en 2006 el 78% de los automóviles nuevos registrados en Brasil ya tenían motores flex-fuel. Las corporaciones automotrices asentadas en Brasil producen más de 100 modelos flex-fuel diferentes. Desde entonces la producción etanolera brasileña ha resurgido llegando a unos 18000 millones de litros en 2006...en febrero de 2008 el consumo de etanol superó al de la gasolina fósil”<sup>11</sup>.

En los últimos años “el estado brasileño está sumamente dedicado al desarrollo de la agroenergía. El gobierno tiene su mirada puesta especialmente en los agrocombustibles, para los cuales se ha propuesto metas de exportación ambiciosas...El marco de esta política brasileña lo conforma el Plan Nacional de Agroenergía 2006 – 2011. Esta plan comprende un extenso programa de investigación y desarrollo que abarca todo el espectro de la agroenergía: bioetanol, biodiesel, biomasa forestal, biogás, el uso de residuos agrícolas y forestales y la generación de electricidad a

partir de la biomasa...Además, el plan analiza el Mecanismo de Desarrollo Limpio del protocolo de Kioto como una fuente de financiamiento para la agroenergía...La conquista y mantención del liderazgo en el mercado internacional de agroenergía es la meta decidida del gobierno brasileño”<sup>12</sup>.

El tercer lugar en producción de etanol como vimos anteriormente actualmente es China quien en 2009 produjo 486 millones de galones (2.5% del total mundial), del cual una parte se destina para su consumo doméstico y el resto para la exportación, ya en 2007 exporto a Estados Unidos 4.5 millones de galones (1% del total de las importaciones estadounidenses) y ya en 2009 la región de Asia Pacífico vista en su conjunto apporto el 4% de la producción mundial de etanol (aproximadamente 2911 millones de litros). Al igual que en otros aspectos la región se caracteriza por su integración por supuesto liderada por China y esto se ve de forma clara en los flujos comerciales de etanol dentro de la región, los cuales se dan de la siguiente forma:

- China: Comercia etanol con Corea y Japón.
- Tailandia: Comercia etanol con Corea, Japón y Filipinas.
- Indonesia: Comercia etanol con Japón.

Viendo hacia el futuro en 2002 China lanzo su programa de etanol el cual se basa en tres ejes principales; a) contribuir a la seguridad energética del país, b) reducción de la contaminación causada por la quema de combustibles fósiles y c) incrementar el ingreso de los agricultores. El objetivo de producción de etanol fijado por China a través de su programa es alcanzar una “meta de producción de 2 millones de toneladas para 2010 y 10 millones de toneladas para 2020”<sup>13</sup>.

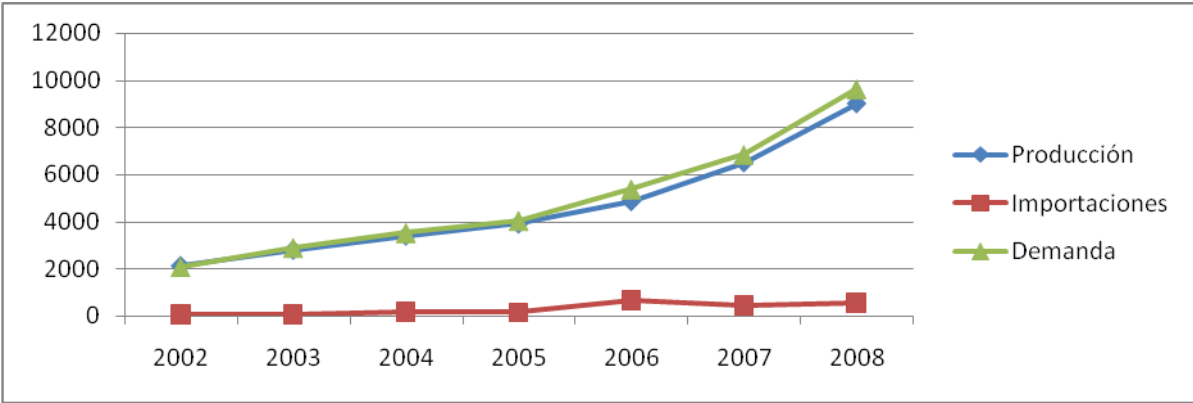
Por su parte la Unión Europea (UE) ha centrado más su atención en la producción y consumo de biodiesel que en la generación de etanol, la cual como ya vimos en 2009 fue de 1039.52 millones de galones, en la actualidad operan en toda la UE 51 plantas de producción de etanol con una capacidad total de producción de 5800 millones de litros anuales. La meta ha alcanzar en 2010 es añadir 10 plantas adicionales con una capacidad total de 1400 millones de litros; adicionalmente para 2020 la UE planea añadir 50 plantas más a las ya existentes las cuáles tendrán una capacidad total de producción de 7100 millones de litros.

Por el lado del consumo sucede lo mismo que con la producción, en el gráfico 6 muestro los principales consumidores de etanol en la UE, los tres principales son Alemania, Suecia y España con un volumen de consumo de 144640, 144509 y 112960 TOE respectivamente; la región en su conjunto tuvo un consumo de 557288 TOE vs 2245093 TOE de biodiesel en el año 2005 por lo que el consumo de etanol solo representa el 20% del total de consumo mientras que el biodiesel representa el 80%.

En el caso de México la producción de etanol apenas se encuentra en una etapa “inicial”, como ya vimos la producción en el país es mínima fue hasta el año 2009 en el que se dio la primer licitación por parte de PEMEX para comprar etanol, pero debido a diversos conflictos se suspendió por lo que se prevé que en este año la ciudad de Guadalajara en el estado de Jalisco sea la primer zona metropolitana de la república que comience a consumir este agrocombustible en los automóviles por lo que en el caso particular de México todavía no se puede hablar de un mercado que este funcionando ya de forma activa.

Una vez llegado a esta parte del estudio lo que resulta más conveniente es retomar algunos aspectos técnicos de la producción de etanol; como vimos en el capítulo uno existen diferentes tipos de mezcla de etanol con gasolina o nafta y otros derivados del petróleo las cuáles se muestran en el cuadro uno.

**Gráfico 4.**  
**Comportamiento de las variables Producción, Importaciones**  
**y Demanda de etanol en Estados Unidos 2002 – 2008 (millones de galones).**

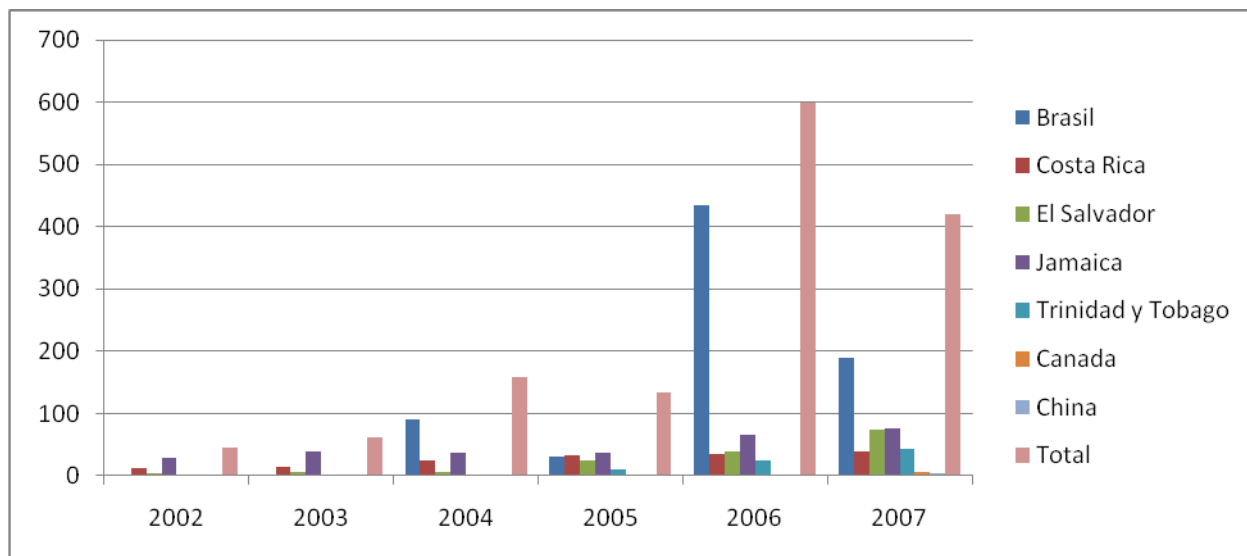


Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association

<http://web.archive.org/web/20080408091334/http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#D>  
<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>



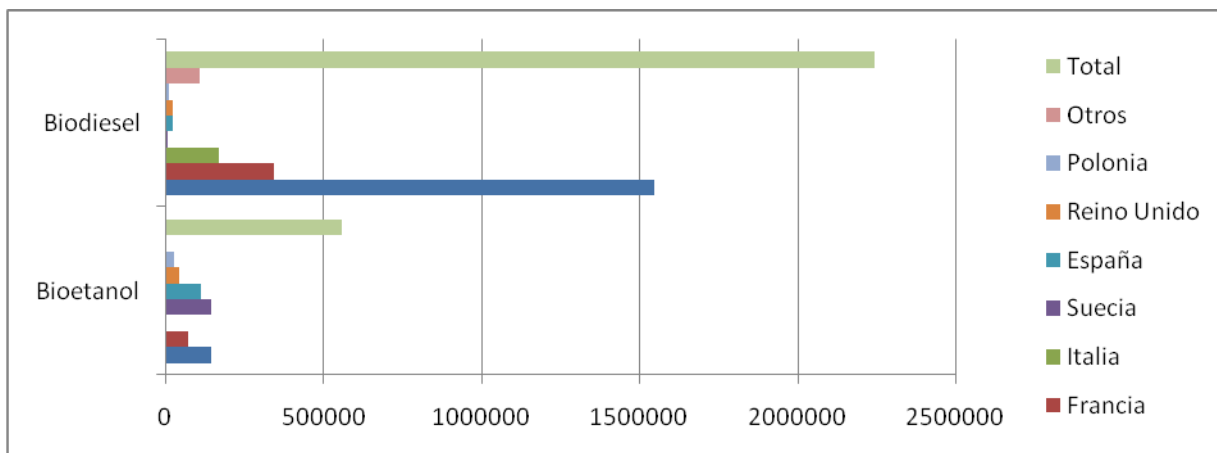
**Gráfico 5.**  
**Origen de las Importaciones de Etanol en Estados Unidos por país**  
**(Millones de galones).**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association

<http://web.archive.org/web/20080408091334/http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#D>  
<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>

**Gráfico 6.**  
**Consumo de etanol vs Biodiesel en la Unión Europea**  
**En TOE 2005**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Observatoire Des Energies Renouvelables. En.

[http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/observ/baro179\\_b.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro179_b.pdf)

### 3.2 EL ETANOL: PROPIEDADES FÍSICAS Y TIPOS DE MEZCLA.

CUADRO 1: DIFERENTES TIPOS DE MEZCLA DE ETANOL Y METANOL PARA NAFTAS Y GASOLINAS.	
E5	Mezcla de gasolina súper sin plomo con 5% de etanol anhidro (el que tiene 99.5% de hidratación)
Gasohol (E10)	90% de gasolina súper sin plomo y 10% de etanol anhidro por volumen
Alconafta (E15)	Está formado por 15% de etanol anhidro y 85% de nafta
E85	Contiene 85% de etanol anhidro y 15% de gasolina súper sin plomo por volumen
E93	93% de etanol anhidro, 5% de metanol anhidro y 2% de queroseno por volumen
E95	Mezcla de 95% de etanol anhidro y 5% de nafta súper sin plomo por volumen
E100	Etanol anhidro 100%
ETBE (Etil terbutil éter)	Aditivo que oxigena la gasolina, lo cual contribuye a una combustión más limpia. Se puede añadir a la gasolina hasta un 17%
M85	Contiene 85% de metanol anhidro y 15% de gasolina súper sin plomo por volumen. Se utiliza en motores diseñados originalmente para gasolina
M100	Metanol anhidro 100% utilizado en motores originalmente diseñados para diesel
MTBE (Metil terbutil éter)	Aditivo que oxigena la gasolina y reduce la emisión de CO <sub>2</sub> Estados Unidos ha prohibido su uso debido a su toxicidad

Fuente: BRAVO, ELIZABETH “Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria en América Latina: Encendiendo el debate sobre biocombustibles”, Acción Ecológica, RALLT, HIVOS, Quito, 2007.

Del cuadro podemos inferir de manera sencilla que “el etanol puede ser utilizado como combustible en motores, en sustitución de la gasolina, básicamente de dos maneras: 1) en mezclas de gasolina y alcohol anhidro, o 2) como alcohol puro, generalmente hidratado”<sup>14</sup>. En el segundo caso, para su uso en el transporte es necesaria la adaptación de los motores, aunque como ya vimos en el caso de Brasil existen los vehículos flex – fuel que indiferentemente pueden usar gasolina u etanol sin adaptaciones previas.

Existen varios aspectos técnicos que se deben tomar en cuenta al momento de implementar el uso de nuevos combustibles con la finalidad de evitar impactos negativos, estudios recientes dan

cuenta de la importancia de las diferentes propiedades que debe poseer el etanol carburante o alcohol etílico anhidro combustible (AEAC), el cual es utilizado para obtener el gasohol, el cual a su vez es la mezcla recomendada para los países de América Central que deseen implementar el uso del etanol en el transporte ya que esta mezcla no requiere una adaptación previa en los motores que funcionan actualmente con gasolina. Aun así es necesario mantener un control en tres aspectos técnicos necesarios para la correcta implementación del uso de nuevos combustibles.

- Las propiedades que debe poseer el AEAC que se usara para obtener el gasohol.
- Los cambios en las propiedades de cada combustible que resultan de mezclar AEAC con gasolina.
- Las propiedades que debe poseer el gasohol obtenido.

El AEAC utilizado en mezclas con gasolinas debe tomar en cuenta las siguientes propiedades.

- Aspecto y color: Permiten evaluar la presencia de impurezas provenientes del proceso productivo o del transporte inadecuado, así como la contaminación con otros productos o con herrumbre...La presencia de impurezas podrá también reducir la vida útil de los filtros de combustible de los vehículos, causar la formación de depósitos u obstrucciones en los carburadores de los automóviles más antiguos, o en piezas movibles de los motores, como las del sistema de inyección electrónica de los automóviles más modernos<sup>15</sup>.
- Acidez total: Propiedad que debe ser controlada, pues refleja el poder corrosivo del etanol, lo que puede causar daños a los componentes del automóvil. Este parámetro debe ser evaluado, pues si el proceso fermentativo no es interrumpido adecuadamente después de la formación del etanol, éste se oxidará transformándose en ácido acético. Cabe señalar también que se adiciona ácido sulfúrico a la mezcla, a fin de ajustar el pH, para que la fermentación ocurra. La acidez puede provocar corrosión en el circuito de combustibles, además de reflejar un grado de etanol inferior al deseado<sup>16</sup>.
- Conductividad eléctrica: Propiedad directamente relacionada con la cantidad de iones presentes en el etanol. Cuanto más iones tenga más conductor será el AEAC, que puede ser más corrosivo y/o agresivo a los materiales del circuito de distribución del combustible en el automóvil. Muchas veces puede evidenciar contaminación con base, usada en la tentativa de neutralizar la acidez del etanol<sup>17</sup>.

- Masa específica: La masa específica (densidad) es una medida indirecta de la proporción agua y alcohol existente en el combustible. Si es elevada, puede indicar gran cantidad de agua; si la masa específica es muy baja, indica la presencia de componentes livianos, como metanol y aldehídos, los cuales pueden causar más polución al medio ambiente<sup>18</sup>.
- Grado alcohólico: Además de reflejar el grado de pureza del etanol, permite evaluar especialmente la presencia de agua, que es soluble en el etanol e incolora, pero que presenta elevada densidad<sup>19</sup>.
- Grado de hidrocarburos: Refleja el grado de contaminantes orgánicos no oxigenados, principalmente la gasolina o los solventes petroquímicos que pueden contaminar el AEAC durante el manejo, cuando se comparten equipos, tanques u otros ductos. Este parámetro garantiza el grado de etanol adecuado en el AEAC<sup>20</sup>.
- Grado de etanol: Este ensayo es importante cuando existe la posibilidad de que haya otros alcoholes además del etanol. Es un análisis que se debe realizar en condiciones especiales, por ejemplo, cuando se sospecha de la presencia de metanol o de alcoholes superiores<sup>21</sup>.
- Grado de iones cloruro, sulfato, hierro, sodio: La presencia de estos iones aumenta la conductividad del AEAC y reflejan el poder corrosivo del etanol, especialmente el cloruro, que es muy agresivo a los aceros utilizados en los motores y otras piezas en contacto con el combustible. El ion hierro delata la presencia de óxido de hierro, debido a los procesos corrosivos en equipos y líneas de transporte y almacenamiento, lo que puede causar obstrucciones en las partes móviles de los motores. El elevado grado de sodio puede indicar el uso de base (NaOH) para la neutralización de la acidez del etanol, cuando se usa, por ejemplo, ácido sulfúrico para ajustar el pH en la preparación de mezcla de fermentación<sup>22</sup>.
- Grado de los iones de cobre: Este metal tiene especial importancia, dado que muchos equipos de fermentación y de destilación del etanol pueden ser confeccionados en cobre, metal que es fácilmente transportado por el AEAC. Cuando es agregado a la gasolina, catalizará las reacciones de oxidación de la formación de goma (producto macromolecular proveniente de la polimerización de olefinas), que es un material de carácter polimérico, capaz de depositarse y obstruir filtros y el circuito de distribución de combustible, comprometiendo el funcionamiento de los automóviles<sup>23</sup>.

Así mismo, se deben considerar los cambios que resultan en las siguientes propiedades de los combustibles que forman el gasohol (gasolina con etanol).

- Octanaje: Es la medida de la resistencia de un combustible a la autoignición, calculada con los métodos Motor (MON) y Research (RON), lo que permite inferir cómo se comporta un determinado motor alimentado con este combustible. Es bien conocido el hecho de que el etanol es un excelente aditivo antidetonante y mejora sensiblemente el octanaje de la gasolina base<sup>24</sup>.
- Volatilidad: La capacidad de vaporización es una propiedad importante para un combustible, afectando directamente diversos parámetros de desempeño del vehículo, como condiciones de arranque en frío o caliente, aceleración, economía del combustible y dilución del aceite lubricante. Por esto el combustible debe tener su composición calibrada para una adecuada curva de vaporización, con algunos puntos de esta curva definidos en su especificación. La adición de etanol tiende a bajar la curva de destilación, particularmente en la mitad inicial, afectando la llamada T50, temperatura correspondiente a 50% de la masa evaporada; sin embargo, la temperatura inicial y final de destilación casi no cambian y generalmente no hay ningún problema desde este punto de vista<sup>25</sup>.
- Desempeño: Como las mezclas gasolina/etanol pueden ser ajustadas para atender las especificaciones típicas de una gasolina pura, no hay necesariamente problemas de desempeño y dirigibilidad, siempre que se cumplan los requisitos de calidad especificados para los combustibles. Sin embargo, comparado con la gasolina pura, un gasohol con 10% de etanol necesita 16.5% más calor para vaporizarse totalmente, lo que puede representar una dificultad en temperaturas extremadamente bajas. Por otra parte, el mayor calor de vaporización del gasohol es una de las razones principales para que la eficiencia de un motor empleando gasohol sea entre 1% a 2% más elevada que el mismo motor trabajando con gasolina pura. Asimismo, el que un gasohol con 10% de etanol contenga menos 3.3% de energía por unidad de volumen, produce un final poco relevante sobre el consumo de combustible<sup>26</sup>.
- Separación de fases: Este problema con la separación de una capa de agua debajo de la gasolina puede ocurrir cuando se introduce agua o ésta se condensa en el tanque del vehículo o en otros tanques del sistema de almacenamiento. La gasolina pura

prácticamente no absorbe agua, pero el alcohol presenta una total afinidad con el agua, así, mezclas de gasolina/etanol presentan la capacidad de absorber agua sin separación de fases, en función directa del contenido alcohólico<sup>27</sup>.

- Compatibilidad de materiales: Algunos materiales plásticos antiguos, usados en mangueras y filtros, tienden a degradarse más rápidamente en presencia de alcohol. Actualmente, con el uso de fluor-elastómeros, comunes en motores desde los años ochenta, estos problemas están superados. La experiencia brasilera y americana con gasohol no indica existencia de tasas inusuales de problemas con materiales plásticos y metales, sin embargo es interesante que los motores antiguos usando gasohol con hasta 10% etanol sean verificados rutinariamente en cuanto a fugas e indicadores de eventuales problemas que señalen la necesidad de alguna reparación<sup>28</sup>.
- Emisiones evaporativas y gases de escape: Conforme comentado en los aspectos de volatilidad, la adición de etanol incrementa la presión de vapor y puede elevar así las emisiones evaporativas. Por esto, es importante que la gasolina base en una mezcla con etanol sea adecuadamente formulada, para hacer al gasohol similar a una gasolina pura en términos de presión de vapor, lo que es posible. Luego de su combustión en motores alternativos, comparativamente a gasolinas típicas, el gasohol produce emisiones menores de CO, hidrocarburos y otros compuestos tóxicos, por los efectos de dilución y presencia de oxígeno, mientras se elevan los aldehídos y el NOx, pero sin rebasar los límites legales de gases de emisiones contaminantes<sup>29</sup>.

Ya por último el gasohol obtenido de la mezcla debe ser monitoreado en las siguientes propiedades.

- Color: Las alteraciones en el color del combustible pueden ocurrir debido a la presencia de contaminantes o debido a la oxidación de compuestos inestables presentes en él, como olefinas y sustancias nitrogenadas. La adición de colorantes y marcadores también puede modificar mucho esta propiedad, lo que debe ser considerado en las especificaciones del producto<sup>30</sup>.
- Aspecto: Indicación visual de la calidad y de la posible contaminación del producto. La gasolina debe presentarse límpida y exenta de materiales en suspensión, como agua, polvo, óxido de hierro, etc. ya que la presencia de estos puede reducir la vida útil de los

filtros y de la inyección electrónica de los vehículos, perjudicando el funcionamiento del motor<sup>31</sup>.

- Grado AEAC: La adición de alcohol contribuye a elevar el octanaje del combustible, por eso las gasolinas formuladas con etanol pueden contener cantidades menores de compuestos aromáticos que también elevan esa propiedad. Este aspecto tiene relevancia ambiental, pues las gasolinas aromáticas emiten hidrocarburos con quema incompleta que no son fácilmente oxidados en los conversores catalíticos de los automóviles. La acción como booster de octanaje es más perceptible cuanto más alifática es la gasolina regular. El etanol, además de reducir la emisión de monóxido de carbono y productos de quema incompleta eleva la presión de vapor de la gasolina cuando se mezcla hasta en un 5% de este alcohol, lo que tiende a estabilizarse en valores superiores al 5%. El etanol no altera significativamente en período de inducción de la gasolina, ya que no es fuente generadora de goma no interfiere en la estabilidad de la gasolina. El grado de etanol es una propiedad fácilmente medible y puede ser determinada in situ, en diferentes fases de la distribución del producto<sup>32</sup>.
- Masa específica a 15º C: es la densidad del gasohol e indica posibles adulteraciones con productos más livianos o más pesados. Es una propiedad bastante influenciada por la composición de la gasolina, ya que cuando es formulada con compuestos más pesados, como los aromáticos, este parámetro se eleva. Cuanto más alto es el grado de etanol, normalmente mayor es la densidad del gasohol...ya que éste presenta una densidad de 0.79 g/ml y la gasolina posee valores promedio de 0.75 g/ml<sup>33</sup>.
- Curva de destilación: La curva de destilación indica la capacidad de volatilización de las fracciones de la gasolina ya que muestra el porcentaje de los volúmenes que pasan de la fase líquida a la fase vapor a medida que se eleva la temperatura de este combustible. La gasolina es una mezcla de centenas de sustancias, así, los compuestos más volátiles (normalmente con menos masa molar) destilan en temperaturas menores y los más pesados en temperaturas más elevadas. Por lo tanto, se trata de un ensayo bastante útil para detectar adulteraciones de combustibles, ya que su composición se altera cuando sufre la adición de solventes adulterantes<sup>34</sup>.
- Octanaje – método investigación – RON: En inglés “Research Octane Number” es una medida del número de golpeteos de la válvula del motor cuando éste es alimentado con el combustible en estudio. El resultado obtenido para la muestra en análisis es comparado

con los resultados obtenidos en una escala de cero a cien (octanaje cero a octanaje cien). El cero de la escala se obtiene cuando el motor de prueba usa el 100% de iso-octano (2,2,4-trimetilpentano). Las mezclas binarias conducen a valores intermedios de la escala. El motor es patrón de tipo CFR (Cooperative Fuel Research), y puede simular condiciones suaves de manejo (RON), como en el caso de una recta, o condiciones severas (MON – Motor Octanaje Number), como cuando se sube una cuesta. La escala se construye de forma análoga, utilizando el número de golpeteos de válvula obtenidos cuando se utiliza n-heptano e iso-octano para obtener los extremos de la escala y mezclas binarias, para obtener los puntos internos<sup>35</sup>.

- IAD – Índice anti – detonante: Mide el desempeño real de la gasolina en campo, pues el promedio entre el MON (octanaje medio en condiciones severas, subida, tránsito pesado, etc.) y el RON (octanaje en condiciones suaves), o sea  $IAD = (MON + RON) / 2$ . Para motores de alta compresión, las gasolinas regulares presentan valores inferiores de octanaje que los de las gasolinas especiales tipo Premium. El IAD puede ser estimado utilizando técnicas estadísticas asociadas a la espectroscopia en la región del infrarrojo por medio de correlaciones que permiten predecir muchos parámetros. Se utilizan analizadores portátiles cuya eficacia depende de la consistencia de los bancos de datos, los cuales deben ser representativos de las gasolinas de aquella región de colecta. Las gasolinas con mayores grados de aromáticos presentan un octanaje más elevado y estudios muestran que el etanol puede ser usado como un booster del octanaje<sup>36</sup>.
- Grado de goma: Indica la cantidad de goma (barniz) formada como consecuencia de las reacciones naturales de oxidación entre los hidrocarburos insaturados (olefinas) presentes en la gasolina, resultado de la acción del aire y del calor. La goma puede provocar depósitos y obstrucciones indeseables. La adición de etanol mejora esta propiedad ya que estudios realizados indicaron que el alcohol no forma barniz debido a que es un solvente para la goma oriunda de la gasolina. Es decir, cuando se tiene 10% de etanol y 90% de gasolina, la goma presente en el gasohol proviene sólo del 90% de masa del derivado petroquímico, y es diluida por el 10% “inerte” del etanol<sup>37</sup>.
- Estabilidad a la oxidación – Período de inducción a 100° C: Determina el tiempo que la gasolina puede ser almacenada sin oxidación y consecuentemente sin formación de goma. Se puede considerar que 60 minutos de período de inducción presupone un almacenaje de un mes (30 días), sin formación de goma. Indica por lo tanto, el período y la vida útil de



la gasolina y su validez. Cabe destacar que el período de inducción es un parámetro cinético, y este tiempo debe ser superior cuanto más alto es el grado de etanol (menor grado de olefinas)<sup>38</sup>.

- Presión de vapor: la presión de vapor evalúa la tendencia de la gasolina a evaporarse. Debe ser suficientemente alta para garantizar el arranque fácil del motor, pero no tan alta que contribuya a interrumpir el paso de combustible al sistema de alimentación. Una presión muy alta significa presencia de muchos hidrocarburos volátiles y provoca el mal funcionamiento del motor. Las gasolinas con presión de vapor muy alta tienden a provocar pérdidas mayores por evaporación con impacto negativo sobre el medio ambiente. Durante el invierno, cuando la temperatura ambiente es baja, se admite usar combustibles de elevada presión de vapor, debido a que la vaporización es menos efectiva. La presión de vapor aumenta cuando se adicionan grados de etanol de 0% a 5%, manteniéndose prácticamente estable para grados más elevados<sup>39</sup>.
- Corrosión en tira de cobre a 50° C: Verifica la tendencia a la corrosión en las partes metálicas del motor, pues los metales como el cobre y la plata son muy sensibles al ataque del azufre presente en la composición de la gasolina. Puede ser afectada por el alcohol si éste tiene compuestos básicos o ácidos como contaminantes<sup>40</sup>.
- Azufre (% masa): Parámetro importante que debe ser controlado para evitar la acción corrosiva en el motor, el deterioro del aceite lubricante y la formación de gases tóxicos en las emisiones contaminantes (SOx). Los óxidos, al ser lanzados a la atmósfera, se oxidan formando ácido sulfúrico, que retorna a la corteza terrestre como lluvia ácida, capaz de atacar monumentos históricos y perjudicar la flora y la fauna. El petróleo y sus derivados contiene compuestos de azufre, lo que no ocurre con el bioetanol que diluye el azufre presente en la gasolina regular<sup>41</sup>.
- Benceno: Debe ser controlado, pues es cancerígeno y puede traer problemas de salud a quienes manipulan los combustibles. Forma parte de los hidrocarburos aromáticos que componen la gasolina, pero no se encuentra en el AEAC, de modo que la adición de bioetanol servirá para diluirlo y reducir su impacto<sup>42</sup>.
- Plomo: Posee elevada toxicidad y es un envenenador de los catalizadores utilizados en los conversores catalíticos. El plomo tampoco es encontrado en el alcohol etílico. De manera análoga a lo que sucede en el benceno, por lo que el bioetanol también presentará un

efecto positivo de diluyente del plomo. Debe ser controlado en las emisiones de los automóviles<sup>43</sup>.

- Grado de aromáticos: Expresa la cantidad de compuestos aromáticos (anil bencénico) presentes en la gasolina o gasohol. Estos compuestos le dan al combustible una buena resistencia a la detonación, presentando elevado octanaje. Entre las sustancias aromáticas destacan el benceno, el tolueno y el xileno, siendo el primero, como ya se ha mencionado antes, muy tóxico. Los aromáticos generan gran cantidad de humo y depósitos de carbono durante la quema en el motor<sup>44</sup>.
- Grado de olefinas: Indica la concentración de hidrocarburos de doble ligación carbono-carbono. Estas moléculas son responsables de la inestabilidad química de la gasolina, debido a que las olefinas reaccionan entre sí y con otros hidrocarburos cuando se encuentran en presencia de oxígeno, luz o calor, formando macro moléculas (goma). La goma cambia el color de la gasolina a un color naranja oscuro y ocasionado depósitos de residuos en los motores, lo que es indeseable. Además de los grados de aromáticos y olefinas presentes en la gasolina o gasohol, hay también el grado de compuestos saturados, que indican la cantidad de hidrocarburos saturados de cadena carbónica lineal o cíclica (parafinas y nafténicos)<sup>45</sup>.

El control de todas estas propiedades requiere de material y equipo especializado, así como la implementación de diversas normas que regulen su funcionamiento, para países que desean implementar un programa de biocombustibles se recomienda basarse principalmente en las normas brasileñas. Por otro lado además de la regulación técnica; ya los países latinoamericanos cuentan con un marco legal para la regulación e implementación de un programa de bioenergéticos, daremos un paseo por las principales leyes que rigen o regirán en el futuro cercano el mercado de los bioenergéticos. Cada uno de estos países cuenta con un marco legal amplio que abarca el sector energía y sus divisiones, para el propósito de este estudio solo muestro el marco legal del sector energía, y las divisiones de bioenergía y medio ambiente. Por último revisaremos más detalladamente el caso de México.

### 3.3 LEYES QUE REGULAN EL MERCADO DE ETANOL EN AMÉRICA LATINA.

#### 3.3.1 Argentina.

**Sector Energía.** *Ley de hidrocarburos (Ley 17.319 de 1967).* Establece que los yacimientos de hidrocarburos líquidos y gaseosos situados en territorio argentino y en su plataforma continental pertenecen al patrimonio inalienable e imprescriptible del Estado Nacional. Así mismo establece que las actividades relativas a la explotación, industrialización, transporte y comercialización de los hidrocarburos estarán a cargo de empresas estatales, empresas privadas o mixtas, conforme a las disposiciones de esta ley y las reglamentaciones que dicte el Poder Ejecutivo<sup>46</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Régimen de regulación y promoción para la promoción y uso sustentable de biocombustibles (Ley 26.093 del 2006).* Establece contenidos mínimos de 5% de biodiésel en gasoil y 5% de etanol en nafta desde el 2010<sup>47</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Ley general del ambiente (Ley 25675 del 2002).* Establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. **Eje Cambio climático:** *Decreto 377/1999.* Crea la comisión nacional sobre emisión de gases de efecto invernadero para elaborar y proponer una meta de emisiones de gases de efecto invernadero<sup>48</sup>.

#### 3.3.2 Bolivia.

**Sector Energía.** *Constitución Política del Estado.* Determina que los recursos naturales son estratégicos, de interés público, para el desarrollo del país y de propiedad del pueblo boliviano. Incluye una disposición específica para la propiedad de los yacimientos de los hidrocarburos, los cuales se catalogan de dominio directo, inalienable e imprescriptible del Estado, aclarando que ninguna concesión o contrato podrá otorgar la propiedad de los mismos<sup>49</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Ley de Biodiésel (Ley 3207 del 2005).* Dispone la incorporación gradual del biodiésel en el diesel, empezando con un mínimo de 2.5% en el 2007, hasta llegar a un 20% en el 2015. Autoriza la utilización voluntaria de porcentajes mayores en el parque automotor y del

transporte particular o público, de aquellas áreas donde exista disponibilidad de biodiesel<sup>50</sup>. *Ley 3546 del 2006*. Tiene por objetivo la creación de la empresa “Complejo Agroindustrial de San Buenaventura”. Dicho emprendimiento fue declarado como de prioridad nacional para la producción de azúcar, biocombustibles en base al etanol, alcohol anhidro y alcohol deshidratado, así como también la producción de palma africana para la producción de aceite y biodiesel, como fuentes de energía renovable y compatible dentro del marco de la producción ecológicamente sostenible<sup>51</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Ley del medio ambiente (Ley 1333 de 1992)*. Tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población<sup>52</sup>.

### 3.3.3 Brasil.

**Sector Energía.** *Ley 9.478 de 1997*. Dispone sobre la política energética nacional y las actividades relativas al monopolio del petróleo por parte del Estado. *Ley 9.847 de 1999*. Dicta las medidas pertinentes para asegurar el abastecimiento de petróleo y combustibles derivados así mismo, considera de utilidad pública el abastecimiento de combustibles, abarcando todas las actividades de la industria del petróleo, como producción, importación, exportación, refinación, fraccionamiento, distribución y comercialización<sup>53</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Ley 8.723 de 1993*. Promueve la mezcla de 20% a 25% de alcohol anhidro en las gasolinas. Establece la obligación de los fabricantes de vehículos automotores y de combustibles de tomar las medidas necesarias para reducir los niveles de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, y otros elementos contaminantes. Fija límites de emisiones y plazos para lograrlos<sup>54</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Constitución Política*. Establece disposiciones fundamentales que tienden a proteger y preservar el medio ambiente, reconociendo como un derecho fundamental el vivir en un ambiente sano y equilibrado, normar su aprovechamiento sustentable y preservarlo para las generaciones futuras. *Ley 6.938 de 1981*. Define la Política Nacional de Medio Ambiente, sus fines y mecanismos de formulación y aplicación; tiene como objetivos la preservación, mejoría y

recuperación de la calidad ambiental. Regula el Sistema Nacional del Medio Ambiente y determina los instrumentos para su aplicación. **Eje Cambio climático.** *Ley 12.187 de 2009.* Instituye la Política Nacional sobre Cambio Climático (PNMC). Establece como compromiso nacional voluntario la reducción del 36.1% al 38.9% de las emisiones para el año 2020 (tomando como base el 2do inventario brasilero de emisiones a ser concluido el 2010). *Ley 12.114 de 2009.* Crea el Fondo Nacional sobre Cambio Climático (FNMC)<sup>55</sup>.

### 3.3.4 Chile.

**Sector Energía.** *Constitución Política.* Establece la propiedad del Estado sobre los yacimientos minerales, de hidrocarburos líquidos y gaseosos y de cualquier clase. Señala que las actividades de industrialización de estos yacimientos las ejecutará el Estado a través de sus empresas o concesionarios. *Ley orgánica de la Empresa Nacional del Petróleo (Ley 9.618 de 1991).* Señala el dominio absoluto del Estado sobre los yacimientos de hidrocarburos. Indica que la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) desarrollará actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, ya sea en el territorio nacional como en el extranjero<sup>56</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Decreto Supremo 11 del 2008 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.* Aprueba definiciones y especificaciones de calidad para la producción, importación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de bioetanol y biodiésel. Regula el marco aplicable a los biocombustibles líquidos y permite su producción y comercialización. Establece que el bioetanol se podrá mezclar en 2% o 5% en volumen en gasolina, y el biodiésel en similares proporciones en el petróleo diesel. *Decreto Supremo 1442 del 2008 del Ministerio de Hacienda.* Introduce nuevos códigos arancelarios para el biodiésel proveniente de especies oleaginosas como colza, soya, girasol, ricino, palma; de grasas y aceites animales; de mezclas de aceites vegetales y animales, y sintéticos de biomasa. *Circular 30 del 2007 del Servicio de Impuestos Internos (SII).* Instruye sobre el tratamiento tributario del biodiésel y bioetanol, quedando afectos al Impuesto al Valor Agregado, pero exonerándolos de otros impuestos aplicables a la gasolina y el petróleo diesel<sup>57</sup>.

**Sector Medio Ambiente.** *Ley sobre bases generales del medio ambiente (Ley 19.300 de 1994).* Indica definiciones de términos ambientales; trata sobre los instrumentos de gestión ambiental;

de la responsabilidad por daño ambiental; de la fiscalización a caso de los organismos y entidades del Estado; del fondo de protección ambiental; de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, su estructura y funciones<sup>58</sup>.

### **3.3.5 Colombia.**

**Sector Energía.** *Ley 141 de 1994 (modificada por las Leyes 619 del 2000 y 756 del 2003)* .Regula el derecho del Estado a percibir regalías por la explotación de recursos naturales no renovables. Establece reglas para su liquidación y distribución. *Ley 142 de 1994.* Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible y de telefonía. Establece que quienes produzcan energía eléctrica como resultado de un proceso de cogeneración, podrán vender sus excedentes a empresas comercializadoras de energía<sup>59</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Ley 693 de 2001.* Dicta las normas sobre el uso de alcoholes carburantes. Crea estímulos para su producción, comercialización y consumo. Establece la obligatoriedad del uso de componentes oxigenados en los combustibles en ciudades de más de 500 mil habitantes. Define un plazo de 5 años para su implementación progresiva. *Ley 788 del 2002.* Dispone que el alcohol carburante destinado a la mezcla con gasolinas esté exento del impuesto al valor agregado. Se exonera del pago del impuesto global y de la sobretasa al porcentaje de alcohol carburante que se mezcle con la gasolina. *Ley 939 de 2004.* Estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel. Declara exento del impuesto a las ventas y del impuesto global, el biocombustible de origen vegetal o animal de producción nacional destinado a la mezcla con aceite combustible para motor (ACPM) para su uso en motores diesel. *Decreto 2629 del 2007.* Dicta disposiciones para promover el uso de biocombustibles y medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento. Establece un cronograma para ampliar la mezcla obligatoria de biocombustibles en 10% a partir del 2010, y 20% a partir de 2012. Fija la obligación de que a partir del 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor deben ser flex-fuel como mínimo al 20% tanto para la mezcla E20 (80% de gasolina básica de origen fósil con 20% de alcohol carburante) como para la mezcla B20 (80% de diesel de origen fósil con 20% de biocombustibles)<sup>60</sup>.

**Sector Medio Ambiente.** *Ley 99 de 1993.* Reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). *Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974).* Tiene como objetivos lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovable, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, su disponibilidad permanente y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional. **Eje Cambio climático.** *Resolución 181401 del 2004.* Define el factor de emisión de gases de efecto invernadero para los proyectos de generación de energía con fuentes renovables conectados al Sistema Interconectado Nacional cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15MW<sup>61</sup>.

### 3.3.6 Costa Rica.

**Sector Energía.** *(Ley 7399 de 1994).* Tiene como propósito desarrollar, promover, regular y controlar la exploración y la explotación de los depósitos de petróleo y demás sustancias hidrocarburadas. Define el dominio absoluto, inalienable e imprescriptible del Estado sobre las fuentes y depósitos de petróleo y demás sustancias hidrocarburadas<sup>62</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Ley 6972 de 1984.* Reforma el artículo 433 del Código Fiscal. Autoriza la producción de alcohol para fines carburantes a productores privados o estatales. Faculta a RECOPE (Refinadora Costarricense del Petróleo) su regulación, control y comercialización por medio de las gasolineras<sup>63</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Ley orgánica del ambiente (Ley 7554 de 1995).* Procura dotar de los instrumentos necesarios para conseguir un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Regula la conducta humana, individual o colectiva, y la actividad pública o privada respecto del ambiente. Establece los principios que orientan las actividades de la administración pública en materia ambiental. Se basa en el principio que establece que el ambiente es patrimonio común de todos los habitantes de la Nación, y que el Estado y los particulares deben participar en su conservación y utilización sostenibles. **Eje Cambio climático.** *Ley 8219 del 2002.* Aprueba el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)<sup>64</sup>.

### 3.3.7 Ecuador.

**Sector Energía.** *Constitución Política.* El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos. Los sectores estratégicos son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental. La energía en todas sus formas, y el transporte y la refinación de hidrocarburos son considerados sectores estratégicos<sup>65</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Decreto Ejecutivo 1215 del 2001.* Dispone que la calidad de la producción de combustibles podrá ser mejorada mediante la incorporación de aditivos en refinerías y/o terminales, prefiriéndose y fomentándose el uso de aditivos oxigenados como el etanol anhidro a partir de materia prima renovable. *Ley de beneficios tributarios para nuevas inversiones productivas, generación de empleo y prestación de servicios (Ley 2005-20).* Establece beneficios tributarios temporales y focalizados a las nuevas inversiones destinadas a actividades productivas como la producción de aditivos oxigenados provenientes de materia prima renovable, tal como el etanol anhidro, entre otras. *Decreto Ejecutivo 2332 del 2004.* Declara de interés nacional la producción, comercialización y uso de los biocombustibles como componente en la formulación de los combustibles que se consumen en el país. *Decreto Ejecutivo 1495 del 2008.* Reforma el reglamento sustitutivo para la regulación de los precios de los derivados de los hidrocarburos. Determina que PETROECUADOR comprará la producción nacional de etanol anhidro, aceite vegetal y Biodiesel a 60°F en los volúmenes requeridos para efectuar las mezclas respectivas para la preparación de las gasolinas diesel<sup>66</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Ley de gestión ambiental (Codificación 2004-019).* Establece los principios y directrices de la política ambiental; determina las obligaciones y responsabilidades, niveles de participación de los sectores públicos y privados en la gestión ambiental, controles y sanciones. **Eje Cambio climático** *Decreto Ejecutivo 1815 del 2009.* Ordena que todo proyecto del sector público contemple en su ingeniería financiera una cláusula de adicionalidad con la finalidad de acceder en lo posterior al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)<sup>67</sup>.



### 3.3.8 Paraguay.

**Sector Energía.** *Constitución de la República.* Establece el dominio del Estado sobre los yacimientos de hidrocarburos, minerales sólidos, líquidos y gaseosos, y precisa que el Estado los explotará directamente o mediante concesiones<sup>68</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Ley de fomento de los biocombustibles (Ley 2748 del 2005).* Establece beneficios y declara de interés nacional la producción industrial, su materia prima agropecuaria y el uso de biodiesel, etanol absoluto y etanol hidratado, en el marco de la implementación de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Establece la obligatoriedad de mezcla del gasoil o diesel con biodiesel, y de la gasolina o nafta con etanol absoluto. Define que las mezclas deberán realizarse en las refinerías y/o en las plantas de almacenamiento y despacho de combustibles. *Reglamento de la Ley de fomento de los biocombustibles (Decreto 7412 del 2006).* Define las autoridades de control, los beneficiarios, las normas técnicas, los mecanismos de comercialización, y las sanciones referidas a la aplicación de dicha Ley. *Resolución MIC 248 del 2006.* Establece contenido de etanol absoluto en las gasolinas regular y súper: 24% y 18%, respectivamente. *Resolución MIC 234 del 2007.* Establece el contenido de etanol absoluto en las gasolinas sin plomo especial RON 85: mínimo 20% y máximo 24%. *Resolución MIC 235 del 2007.* Establece el porcentaje de mezcla de biodiésel en el gasoil: mínimo 1% hasta el 31 de diciembre de 2007; 3% durante el año 2008; y 5% durante el año 2009<sup>69</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Ley 1561 del 2000.* Crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del Ambiente. Establece la estructura y funcionamiento de dichas entidades, sus funciones e integración, y sus objetivos y fines. **Eje Cambio climático.** *Decreto 14.943 del 2001.* Crea el Programa Nacional de Cambio Climático, dependiente de la SEAM, e integrado por el Consejo Nacional de Cambio Climático y la Dirección Nacional de Cambio Climático<sup>70</sup>.

### 3.3.9 Perú.

**Sector Energía.** *Ley orgánica del sector energía y minas (Decreto Ley 25962 de 1992).* Establece que todo lo vinculado a los recursos energéticos del país, y las actividades destinadas a su

aprovechamiento, pertenece al ámbito del sector energía. *Ley orgánica que norma las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional (Ley 26221 de 1993)* Establece que el Estado promueve el desarrollo de las actividades de Hidrocarburos sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica<sup>71</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Ley de promoción del mercado de biocombustibles (Ley 28054 del 2003)*. Promueve el mercado de biocombustibles sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica, con el objeto de diversificar el mercado de combustibles, fomentar el desarrollo agropecuario y agroindustrial, generar empleo, disminuir la contaminación ambiental y ofrecer un mercado alternativo a la lucha contra las drogas. *Reglamento para la comercialización de biocombustibles (Decreto Supremo 021-2007-EM)*. Establece el uso obligatorio de 7,8% en volumen de etanol en las gasolinas desde el 2010. Establece el uso obligatorio de 2% y 5% de biodiésel en el diesel desde el 2009 y 2011, respectivamente. *Decreto Supremo que crea la Comisión Multisectorial sobre Bioenergía (Decreto Supremo 075- PCM-2009)*. Crea la Comisión Multisectorial sobre Bioenergía. Establece la naturaleza permanente de la Comisión y define funciones de seguimiento, fiscalización y emisión de informes técnicos<sup>72</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Constitución Política*. Define que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales. Determina que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación y que el Estado es soberano en su aprovechamiento. *Ley general del ambiente (Ley 28611 del 2005)*. Establece que la gestión del ambiente se sustenta en los principios de sostenibilidad, prevención, precautorio, internalización de costos, responsabilidad ambiental, equidad, y gobernanza ambiental. **Eje Cambio climático.** *Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental (Ley 28245 del 2004)*. Establece el carácter participativo del diseño y la dirección para la implementación de las obligaciones derivadas de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)<sup>73</sup>.

### 3.3.10 Uruguay.

**Sector Energía.** *Ley de exploración y explotación de hidrocarburos (Ley 14.181 de 1974)*. Establece que todos los depósitos de hidrocarburos pertenecen a la Nación como propiedad imprescriptible e inalienable. Precisa que solamente pueden ser explorados y explotados por el Estado<sup>74</sup>.

**Subsector Bioenergía.** *Ley 17.567 del 2002.* Declara de interés nacional la producción de combustibles alternativos, renovables y sustitutivos de los derivados del petróleo, elaborados con materia nacional de origen animal o vegetal. *Ley 18.195 del 2007.* Tiene por objeto el fomento y la regulación de la producción, la comercialización y la utilización de agrocombustibles, a partir de materias primas nacionales. Fija metas del 5% de mezcla de etanol con gasolinas hasta el 2014; y del 2% de biodiesel con gasoil para el período 2009-2011, y posteriormente un mínimo de 5% a partir del 2012. *Decreto 523/2008.* Establece que responsabilidades de la DNETN (Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear) y la URSEA (Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua) en el registro y supervisión de la producción de biocombustibles, respectivamente<sup>75</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Ley general del medio ambiente (Ley 17.283 del 2000).* Define de interés general la protección de la calidad del aire, del agua, del suelo y del paisaje, así como la conservación de la diversidad biológica y de la configuración y estructura de la costa, la prevención, eliminación, mitigación y la compensación de los impactos ambientales negativos. **Eje Cambio climático.** *Decreto 238/2009.* Crea el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad<sup>76</sup>.

### 3.3.11 Venezuela.

**Sector Energía.** *Constitución Política.* Establece la propiedad del Estado sobre los yacimientos hidrocarburíferos. El Estado se reserva el derecho para realizar actividades petroleras por razones de soberanía económica, política y estrategia nacional. *Ley orgánica de hidrocarburos (del 2006)* Regula las actividades de exploración, explotación, refinación, industrialización, transporte y almacenamiento, comercialización y conservación de hidrocarburos y productos refinados; incluyendo la extracción de hidrocarburos gaseosos asociados con el petróleo. *Ley orgánica de hidrocarburos gaseosos (de 1999).* Regula las actividades relativas a los hidrocarburos gaseosos<sup>77</sup>.

**Sector Medio ambiente.** *Ley orgánica del ambiente (del 2006).* Establece las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente. Establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. **Eje Cambio climático.** *Ley orgánica del ambiente (del 2006).* Considera el establecimiento de prohibiciones, restricciones y requerimientos relativos a los procesos tecnológicos y la utilización

de tecnologías, en lo que se refiere a la emisión de gases y partículas que inducen al cambio climático<sup>78</sup>.

### **3.3.12 México.**

**Sector Energía.** *Constitución Política del Estado. Art 27º.* Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o substancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; los yacimientos de piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente por las aguas marinas; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación necesite trabajos subterráneos; los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser utilizadas como fertilizantes; los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos; y el espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional....Tratándose del petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos o de minerales radioactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que en su caso se hayan otorgado y la Nación llevará a cabo la explotación de esos productos, en los términos que señale la Ley Reglamentaria respectiva. Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines<sup>79</sup>. *Ley Reglamentaria en el ramo del petróleo (de 1958 y última reforma del 2008)*. Establece que el dominio directo, inalienable e imprescriptible de todos los hidrocarburos que se encuentren en el territorio nacional le corresponde a la Nación. Define que sólo la Nación podrá llevar a cabo las distintas explotaciones de los hidrocarburos que constituyen la industria petrolera por conducto de Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios<sup>80</sup>.

**Sector Medio ambiente y Desarrollo Sustentable.** *Constitución Política del Estado. Art 4º.* Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. *Art 28º.* Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y

sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución<sup>81</sup>. *Ley General del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (de 1988 y última reforma del 2007)*. Es reglamentaria de las disposiciones constitucionales referidas a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente. Tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; la preservación y protección de la biodiversidad; el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; la prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo<sup>82</sup>.

**Subsector Bioenergía.** Para el caso de México veremos más detalladamente este último apartado, para el caso de México la producción de bioenergéticos estará regulada básicamente por la Ley de Promoción y desarrollo de los Bioenergéticos (publicada en el DOF el 1º de febrero del 2008) y por otra parte por el Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (Publicada en el DOF el 18 de Junio de 2009). Con la promulgación de la Ley y su Reglamento se pretende avanzar en tres aspectos:

- Seguridad energética: Reducir nuestra dependencia en las actuales fuentes primarias de energía nos permitirá fortalecer la seguridad energética de la nación. La diversificación de las fuentes primarias de energía es un pilar fundamental de nuestra política energética y las energías renovables presentan ventajas en este sentido. La bioenergía es un área que debe ser explorada e impulsar su participación en la mezcla energética nacional, tanto en proyectos de pequeña escala como los de gran escala<sup>83</sup>.
- Impactos ambientales: Uno de los pilares fundamentales de nuestra política energética es el desarrollo sustentable y la búsqueda de sistemas de energía compatibles con el medio ambiente. Esto ha quedado plasmado en la Estrategia Nacional de Acción Climática. Adicionalmente, la participación en los esquemas financieros y mercados de carbono que han resultado de la puesta en operación del Protocolo de Kioto y otras iniciativas puede impulsar el desarrollo de proyectos en nuestro país, con miras a implementar tecnologías

que produzcan bajas emisiones de carbono...De no tomar acciones para proteger la biodiversidad, hacer un uso responsable de la tierra y dirigir a los biocombustibles hacia la sustentabilidad, los daños sociales y ambientales podrían sobrepasar a los beneficios económicos. En el caso de México a fin de asegurar la sustentabilidad ambiental de los biocombustibles se han introducido criterios en el Reglamento que aseguren un buen aprovechamiento de los recursos, eviten la contaminación y prohíban el cambio de uso de suelo<sup>84</sup>.

- Desarrollo de zonas rurales: El desarrollo de la industria de los Bioenergéticos podría ampliar el acceso a los sistemas de energía, crear fuentes de trabajo y aumentar el ingreso en zonas rurales de nuestro país. Este es un punto que requiere especial consideración ya que el desarrollo sustentable de las zonas rurales y, en especial, de zonas remotas o marginadas, es una prioridad de la nación. Las zonas donde no existe un alto potencial para la producción de alimentos pueden ser aptas para el desarrollo de especies útiles como insumos para la producción de Bioenergéticos...La visión debe estar basada en la implementación gradual de los sistemas de bioenergía, el desarrollo de tecnologías de punta, la creación de oportunidades laborales de alta calidad, el fortalecimiento de la seguridad energética y alimentaria, así como la sensibilización de nuestra sociedad a los temas ambientales<sup>85</sup>.

### **3.3.12.1 LEY DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO DE LOS BIOENERGÉTICOS.**

La ley consta de cuatro títulos 1) Disposiciones generales (1 capítulo: Disposiciones generales), 2) De las autoridades y la coordinación entre los gobiernos Federal, Estatales y Municipales (3 capítulos: Disposiciones generales, De la Comisión Intersecretarial para el desarrollo de los Bioenergéticos y De las autoridades competentes) 3) De los instrumentos para el desarrollo y promoción de los Bioenergéticos (2 capítulos: De los instrumentos y De la investigación y capacitación); y 4) De los procedimientos infracciones y sanciones (3 capítulos: De los permisos, De las infracciones y sanciones y por último De las impugnaciones y la solución de controversias. Así mismo, cuenta con 31 artículos y 4 transitorios de los cuáles conviene resaltar los siguientes artículos.

- Artículo 8: Se crea la Comisión de Bioenergéticos, la cual estará integrada por los titulares de la SAGARPA, SENER, SEMARNAT, la Secretaría de Economía y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Artículo 11 Fracción VIII: La SAGARPA tendrá las siguientes facultades: Otorgar permisos previos para la producción de bioenergéticos a partir del grano de maíz en sus diversas modalidades, mismos que se otorgarán solamente cuando existan inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional.
- Artículo 12 Fracción VIII: La SENER tendrá las siguientes facultades: Establecer el programa de Introducción de Bioenergéticos, considerando objetivos, estrategias, acciones y metas. Para la elaboración del Programa se tomarán en cuenta principalmente la producción nacional sobre la importación, la definición de plazos y regiones para la incorporación del etanol como componente de la gasolina, y la incorporación del biodiesel al consumo así como los requerimientos de infraestructura para su producción, transporte y comercialización.
- Artículo 12 Fracción IX: Emitir los lineamientos, especificaciones y en su caso Normas Oficiales Mexicanas que establezcan la calidad y características de los Bioenergéticos para su mezcla con la gasolina, diesel con biodiesel o bien el etanol y el biodiesel sin mezclas cuando así lo requiera el mercado y sean tecnológicamente y ambientalmente recomendables.
- Artículo 13 Fracción IV: La SEMARNAT tendrá las siguientes facultades: Vigilar que no se realice el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola con el fin de establecer cultivos para la producción de Bioenergéticos.
- Artículo 17: Las Secretarías integrantes de la Comisión de Bioenergéticos, en el ámbito de sus respectivas competencias, elaborarán e instrumentarán, en su caso, las acciones para el fomento de la producción sustentable de Insumos...Estas estarán dirigidas a los productores de Insumos y deberán impulsar la productividad, fomentar la generación de empleos, motivar y consolidar la creación de empresas rurales, cuya participación accionaria de los productores de insumos sea de un porcentaje de al menos 30%, fortalecer la competitividad del sector y garantizar la protección de los recursos naturales.
- Artículo 18: Para impulsar, desarrollar e incentivar la producción de los Bioenergéticos, las Secretarías y los Gobiernos de las entidades federativas y del Distrito Federal, en el ámbito de sus respectivas competencias promoverán la creación de infraestructura para la producción de Bioenergéticos.

- Artículo 21: El Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable, previsto en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, será la instancia encargada de coordinar y orientar la investigación científica y tecnológica en materia de Insumos, así como el desarrollo, innovación y transferencia tecnológica que requiera el sector.

### **3.3.12.2 REGLAMENTO DE LA LPDB**

Por su parte el Reglamento de la LPDB tiene un total de 64 artículos y 5 transitorios, los cuáles se dividen en diez capítulos: 1) Disposiciones generales, 2) De los programas, 3) De la coordinación de los órdenes de gobierno y de la concurrencia de los sectores social y privado, 4) De la Comisión Intersecretarial para el desarrollo de los Bioenergéticos, 5) De la evaluación del impacto de programas, 6) De los permisos (4 secciones), 7) De la promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos y el Desarrollo Rural Sustentable, 8) De la protección al ambiente, 9) De las verificaciones y 10) De las infracciones y sanciones. Del Reglamento desatacan los siguientes artículos:

- Artículo 14: Corresponde a la SAGARPA, de conformidad con la ley, el presente Reglamento y demás disposiciones que resulten aplicables, otorgar los permisos para el uso de maíz en la producción de Bioenergéticos.
- Artículo 20: Conforme a lo dispuesto por la fracción VIII del artículo 11 de la ley, queda prohibido el uso del maíz para la producción de Bioenergéticos, salvo que existan inventarios excedentes de producción interna para satisfacer el consumo nacional y se cuente con permiso correspondiente expedido por la SAGARPA...La SAGARPA, considerando la opinión de la Secretaría de Economía, determinará durante los meses de abril y octubre de cada año, la existencia de inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional y únicamente en el caso en que existan, lo dará a conocer en dichos meses mediante la página electrónica de la propia Secretaría...La utilización, parcial o total, de maíz importado para la producción de Bioenergéticos no requerirá de permiso previo por parte de la SAGARPA. Sin embargo, los interesados que produzcan o pretendan producir Bioenergéticos a partir de maíz importado, deberán dar aviso a la SAGARPA con el objeto de que dicha Secretaría verifique la congruencia entre las importaciones de maíz y la producción de Bioenergéticos del interesado.



- Artículo 21: Una vez cumplidos los requisitos establecidos en el artículo anterior, la SAGARPA, en el término de quince días hábiles, resolverá sobre la procedencia de las solicitudes de los permisos para la producción de Bioenergéticos a partir del grano de maíz en sus diversas modalidades.
- Artículo 55 Fracción II, inciso c: El uso de organismos genéticamente modificados deberá estar sujeto a todos los criterios y preceptos establecidos en la LEY de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, así como a las acciones y medidas de evaluación, monitoreo, control y prevención que determinen las autoridades competentes, con el fin de garantizar el uso responsable de la biotecnología moderna.
- Artículo 60: La SAGARPA sancionará administrativamente los incumplimientos a las disposiciones de la Ley, de este Reglamento, de los títulos de los permisos respectivos y demás disposiciones aplicables en la materia, de conformidad con el artículo 26 de la Ley, a quien produzca Bioenergéticos utilizando grano de maíz en sus diversas modalidades, sin el permiso previo de la SAGARPA, con multa de 1,000 a 80,000 veces el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal y clausura total permanente de las instalaciones.

### **3.3.12.3 PRINCIPALES ERRORES DE LA LPDB.**

En su artículo “La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos: Un análisis económico de una falla de gobierno” Sergio Ampudia Mello hace un análisis muy atinado de la ley; entre las conclusiones más importantes a las que llega encontramos las siguientes:

- No se basa en información estadística y de mercado que ofrecería elementos en cuanto a los resultados que se esperan obtener con la expedición de dicha ley.
- Los costos administrativos serían altos lo que tendría como consecuencia la aparición de mercados no regulados (mercado agrícola).
- En el capítulo de las sanciones la multa máxima (100 mil veces el salario mínimo vigente en el DF) es muy bajo como para impedir que en el caso de que los bioenergéticos llegaran a ser competitivos (es decir que la demanda sea muy alta y los precios competitivos con respecto al petróleo); la ley no podrá evitar que la producción se de al margen (sin permisos previos) para abastecer la demanda

- La ley no prevé el como contar con la información adecuada (ambiental, social y de mercado) para recomendar y fijar estándares de producción y comercialización.
- La ley es inconstitucional en el sentido de que afecta el derecho de propiedad y libertad de industria de los productores de insumos agrícolas para bioenergéticos (por ejemplo al prohibir de entrada el uso del maíz) sin que les restituya el costo de oportunidad.
- La ley omite el estudio de los balances de energía (cual es el potencial energético que arroja cada uno de los cultivos y cuanta energía consume en su producción).

En base a lo anterior, el propósito del siguiente capítulo es hacer un análisis de las posibles ventajas y desventajas que resultarían de la implementación de un programa de bioenergéticos en México.

## **CAPÍTULO 4.**

# **EL ETANOL EN MÉXICO: FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA PRODUCCIÓN A BASE DE MAÍZ.**

El objetivo de este último capítulo es hacer un análisis de las posibles ventajas y desventajas que resultarían de la implementación de un programa de bioenergéticos en México, para el presente estudio tomare como materia prima la producción de etanol a base de maíz; como justificación de este estudio aunque sabemos que la producción de etanol con base en este grano se encuentra de entrada prohibida por la LPDB y su respectivo Reglamento aun así resulta interesante el estudio ya que como bien hace la crítica Sergio Ampudia en momentos en que la demanda de etanol crezca favorecida por la inestabilidad en el mercado del crudo la ley no evitará que la producción se de al margen, de igual manera no se debe descartar la posibilidad de futuras modificaciones en la ley.

Existe acuerdo común en cuanto a los puntos que deben tomarse en cuenta para prever la viabilidad de utilizar o no algún grano como materia prima sobre todo en al ámbito de la competencia entre la producción de agrocombustibles y alimentos, la FAO propone medir cuatro dimensiones para evaluar su utilización, las dimensiones a las cuales hago referencia son las siguientes:

- Disponibilidad: Medida por la capacidad de producción, exportación e importación de alimentos.
- Acceso: Medida por la subnutrición, la pobreza y la pobreza extrema y la desigualdad.
- Estabilidad: El principal componente de la estabilidad está en la garantía de mantención de las actividades productivas, con precios remunerativos, por un periodo largo... La estabilidad tiene relación también con la preservación de los recursos naturales.
- Utilización: Medida por el uso intensivo de recursos naturales, principalmente agua para la materia prima y su conversión en biocombustible.

Estas dimensiones se pueden traducir en las cuatro hipótesis básicas en las que se basa este estudio, también aquí vale la pena resaltar que el enfoque del Desarrollo Sustentable va de la mano con el estudio de la formación de nuevos mercados energéticos. La propuesta básica que se debate en el presente trabajo es la siguiente: La producción de etanol en México para abastecer el mercado exterior, y la demanda interna solo será competitiva en términos del Desarrollo Sustentable si se cumplen las siguientes condiciones:

- Que el país cuente con una disponibilidad de tierras para uso agrícola tan alta, que pueda producir tanto alimentos como etanol.
- Que los impactos en el sector agrícola sean positivos en términos de la calidad de vida y condiciones del campo mexicano.
- Que el precio del etanol sea competitivo con respecto al precio del petróleo.
- Que la energía que brinda este agrocombustible sea mayor, en comparación con la energía necesaria para su cultivo y producción.

Las condiciones citadas son necesarias pensando en que el atractivo de ingresar al mercado mundial de agrocombustibles son los puntos propuestos en la “Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos” los cuáles se vieron en el capítulo anterior y que básicamente se pueden resumir de la siguiente forma: a) abastecer el mercado interno y de ser posible generar un excedente comercializable, b) reducción de las emisiones de CO2 a través de los MDL del protocolo de Kioto y c) contribuir al Desarrollo Sustentable de las zonas rurales.

#### **4.1 ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN MÉXICO 2002 – 2009.**

Primeramente conviene hacer una evaluación del nivel actual de Desarrollo Sustentable en el país, para este fin utilizare la metodología planteada por el IICA a través del Biograma, dicha metodología se explicó en el capítulo uno.

##### **4.1.1 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS.**

Para los fines de este estudio solo es necesaria una Unidad de Análisis (UA) que en este caso es México, así mismo se evalúan tres tipos de dimensiones que serían la ambiental, económica y social; la dimensión político – institucional se omite debido a la falta de indicadores que permitan medir su desempeño; así mismo el estudio abarca un período de ocho años (2002 – 2009).

#### 4.1.1.1 VARIABLES AMBIENTALES.

Para el caso de la dimensión ambiental, se utilizaron cuatro índices que permiten evaluar el desempeño ambiental de un país en el ámbito energético, a continuación se explica cada uno de ellos:

- IR ó Índice de renovabilidad de la OTEP (Oferta Total de Energía Primaria): Es la relación entre la Oferta Total del conjunto de las energías renovables y la OTEP...Este parámetro informa en términos cuantitativos sobre el nivel de participación de las fuentes renovables, tanto en abastecimiento interno de energía destinado directamente a sectores de consumo final, como en intermedio destinado a un centro de transformación de un país<sup>1</sup>. De acuerdo a estándares internacionales la meta ha alcanzar en 2010 es una participación del 10% de las energías renovables dentro del total de la Oferta de Energía Primaria.
- IRC ó Índice de renovabilidad per cápita: Es la relación entre la oferta de energía primaria de todas las fuentes renovables y la población de un país. Un alto índice significa, en términos cualitativos, que existe un mayor “compromiso” con la sustentabilidad energética, y por tanto, con el origen renovable de la energía ofrecida de parte de cada ciudadano de un país<sup>2</sup>.
- IDP ó Índice de dominancia petrolera: Medido como la relación entre la oferta de energía primaria de petróleo y la oferta total de energías renovables en un país, este índice da cuenta de la importancia que el petróleo tiene dentro de la oferta de energía, en contraste con la disponibilidad y uso de energías renovables<sup>3</sup>.
- ICC ó Índice de consumo contaminante: Mide la relación entre las emisiones totales de CO<sub>2</sub> (en miles de toneladas) emitidas a la atmósfera y el consumo final total del país en ese año (en KBEP); de esta forma, un alto índice significa que el consumo energético del país es particularmente contaminante<sup>4</sup>.

#### **4.1.1.2 VARIABLES ECONÓMICAS.**

Para el caso de la dimensión económica se tomaron en cuenta los siguientes indicadores.

- PIB per cápita: Medido como la razón entre el PIB total en miles de pesos y el número total de habitantes en miles de personas para cada período de estudio.
- BCC ó Balanza en cuenta corriente (% del PIB): Representa la significancia que tiene la cuenta corriente de la balanza de pagos (ingresos menos egresos) dentro del total del PIB.
- DEA ó Deuda Externa (% del PIB): Representa la significancia que tiene la deuda externa total del país con respecto al PIB total.
- INPC ó Índice Nacional de Precios al Consumidor: Refleja el comportamiento de la inflación (aumento de precios) de un país; así mismo también puede servir para medir el costo de vida en el país.
- IED ó Inversión (Formación de capital derivada de capital extranjero): Corresponde a la Inversión Extranjera Directa, tomada de la cuenta de capital de la Balanza de pagos de México.

#### **4.1.1.3 VARIABLES SOCIALES.**

Por último para el caso de la dimensión social se consideraron los siguientes indicadores.

- Desempleo: Para el caso del desempleo se tomo la tasa de desocupación abierta en áreas urbanas y corresponde al porcentaje de desempleo con respecto a la Población Económicamente Activa.
- EV ó Expectativa de vida (Años): Mide la Esperanza total de vida de la población en años.
- FTF ó Fuerza de trabajo femenina (% de la fuerza total de trabajo): Indica el porcentaje de la fuerza laboral femenina con respecto al total de la población ocupada.

- Pobreza: Indicador del porcentaje de personas ubicadas en el rango de población bajo la línea de pobreza con respecto al total de la población calculado por la CEPAL (incluye a los habitantes en pobreza extrema y los que se encuentran en el nivel de indigencia).

#### **4.1.1.4 RELACIÓN DE LAS VARIABLES CON EL NIVEL DE DESARROLLO SUSTENTABLE.**

Una vez mostrados los indicadores que han de utilizarse, definiremos si cada una de las variables utilizadas en este estudio afecta de forma positiva o negativa en el nivel de Desarrollo Sustentable (DS) de la Unidad de Análisis (México); es decir si un aumento en la variable contribuye a un incremento en el nivel de DS tendremos una relación positiva (+), caso contrario si un aumento en la variable provoca una reducción en el nivel de DS tenemos una relación inversa o negativa (-). Para ello tenemos las siguientes relaciones.

- IR (+): Presenta una relación positiva dado que un aumento en el índice indica una mayor participación de las energías renovables en la OTEP, lo cual contribuye a una reducción del uso de energías contaminantes mejorando el nivel de DS.
- IRC (+): Como ya se había dicho anteriormente un mayor índice indica un mayor compromiso con la sustentabilidad.
- IDP (-): Presenta una relación inversa dado que un mayor índice significa una mayor dominancia del petróleo sobre otras fuentes de energía, por lo que un mayor índice se traduce en una disminución del nivel de DS.
- ICC (-): De igual forma un aumento en este índice significa un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> de la UA, lo que genera una disminución del nivel de DS.
- PIB per cápita (+): Se toma como relación positiva, ya que en términos relativos un aumento en éste representa un aumento en el ingreso de cada habitante (en promedio).
- BCC % PIB (-): Dado que en el caso de México para el periodo de estudio la BCC es negativa en todos los años (deficitaria), un aumento de la participación de este porcentaje con respecto al PIB significa mayor déficit; por lo tanto se tomo como una relación inversa.



- DEA % PIB (-): Un incremento de este porcentaje con respecto al PIB significa mayor endeudamiento del país al mismo tiempo que refleja mayor incapacidad de pago, por lo que representa una relación inversa con respecto al DS.
- INPC (-): Un aumento en el Índice con respecto al período de estudio inmediato anterior significa un incremento en los precios, lo que reduce el poder adquisitivo de los habitantes de un país, deteriorando el nivel de DS.
- IED (+): Se consideró que tiene una relación positiva en el nivel de DS dado que un aumento en la IED supone un aumento en el número de empleos.
- Desempleo (-): Es más que claro que un aumento en la tasa de desempleo tendrá un deterioro en el nivel de DS.
- Pobreza (-): Sucede lo mismo que en el caso anterior, un aumento en este indicador deteriora el nivel de DS.
- EV (+): Un aumento en la Expectativa de Vida supone una mejoría en la calidad de vida de los habitantes de un país, lo que se traduce en una mejora en el nivel de sustentabilidad.
- FTF (+): Un aumento en la participación de la mujer en el total de la Fuerza de Trabajo supone mayores oportunidades para la mujer así como una mejoría en cuanto a la equidad de género; así mismo como se planteó en el capítulo uno para lograr el DS la mujer debe tener mayor participación en el trabajo.

#### **4.1.2 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES INDIVIDUALES PARA CADA VARIABLE DE ESTUDIO.**

Los datos absolutos utilizados para calcular cada uno de los indicadores presentados se encuentran en el anexo 1, de igual forma en dicho anexo se encuentran los valores finales correspondientes a los diferentes índices e indicadores de cada dimensión; es importante señalar que para los años en los cuales no se obtuvo algún dato se consideraron dos criterios: o simplemente repetir el dato anterior (criterio validado por la metodología del Biograma) o como segunda opción para algunos datos se calculó una proyección, en este anexo también se citan las fuentes de consulta utilizadas.

Una de las ventajas que nos brinda el Biograma es el hecho de que si ya cada uno de los indicadores o índices por separado nos permite inferir el estado en el que se encuentra cada dimensión, el Índice Integrado de Desarrollo Sostenible (S3) al arrojar un valor específico del conjunto de los indicadores seleccionados nos permite tener un mejor acercamiento a la realidad de la UA. Así mismo la metodología también permite obtener índices individuales (Cuadro 1) de cada una de las variables de las distintas dimensiones para cada período de estudio. Dichos índices se obtienen de las formulas 1 y 2 de la metodología.

1.  $f(x) = \frac{x-m}{M-m}$ .....Para indicadores donde la relación es positiva.
2.  $f(x) = \frac{x-M}{m-M}$ .....Para indicadores donde la relación es negativa.

Donde:

- $x$  = Valor correspondiente de la variable o indicador para una unidad de análisis determinada en un período determinado.
- $m$  = Valor mínimo de la variable en un período determinado.
- $M$  = Valor máximo en un período determinado.

A manera de ejemplo si en el año 2003 el dato absoluto del ICC fue de 5.59, con un máximo de 5.66 y un mínimo de 5.16 para el período 2002 – 2009, y dicho indicador presenta una relación inversa tendremos que  $f(5.59) = \frac{5.59-5.66}{5.16-5.66} = \frac{-0.07}{-0.5} = + 0.14$ . Lo mismo se hace para cada variable en cada año.

También es necesario asignar una ponderación a cada una de las dimensiones de estudio, para el presente estudio se decidió asignar los siguientes porcentajes: 35% para las dimensiones ambiental y económica, y el 30% restante a la dimensión social. De acuerdo a la formula 12:  $S3 = \frac{BA}{100} SA + \frac{BE}{100} SE + \frac{BS}{100} SS$ . Tenemos que  $S3 = \frac{35}{100} SA + \frac{35}{100} SE + \frac{30}{100} SS$ . De forma que:  $S3 = 0.35 * SA + 0.35 * SE + 0.30 * SS$

Cuadro 1: DATOS PROCESADOS.

Variable / Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
IR	1.0000	0.4879	0.6734	0.2419	0.2863	0.0000	0.5161	0.4355
IRC	0.3043	0.0000	0.2174	0.5217	0.6087	0.3478	1.0000	0.3913
IDP	0.7015	0.0000	0.1987	0.3384	0.6809	0.5022	1.0000	0.5059
ICC	0.0000	0.1400	1.0000	0.2000	0.5200	0.5600	0.9400	0.5000
PIB per cápita	0.0000	0.0175	0.2263	0.3794	0.7399	0.9571	1.0000	0.4067
BCC % PIB	0.1277	0.6950	0.9007	0.9716	1.0000	0.6738	0.0000	0.8014
DEA % PIB	1.0000	0.7360	0.6983	0.7214	0.8443	0.7579	0.4294	0.0000
INPC	0.6442	0.7117	0.6994	1.0000	0.8405	0.6810	0.0000	0.5583
IED	0.8547	0.5852	0.8614	0.8057	0.7138	1.0000	0.8565	0.0000
Desempleo	1.0000	0.8000	0.6182	0.5636	0.5636	0.6364	0.5345	0.0000
Pobreza	0.0000	0.0000	0.3117	0.3117	0.5065	1.0000	0.5974	0.5974
FTF	0.0000	0.0000	0.0000	0.2000	0.2000	1.0000	0.4000	0.4000
EV	0.0000	0.1818	0.2727	0.4545	0.6364	0.7273	0.9091	1.0000

#### 4.1.3 CÁLCULO DE LOS ÍNDICES INDIVIDUALES PARA CADA DIMENSIÓN.

Como se vio en el capítulo 1 la formula para calcular el índice de cada dimensión es la formula 10:

$$\bullet \quad SD = 1 / nD * \sum_{i=1}^{nD} I_{iD} \quad \text{Donde: } D = \text{Dimensión}$$

$I$  = Indicador de la dimensión  $D$ ;  $nD$  = Numero de Indicadores.

$i$

Por lo tanto SD es un promedio de los indicadores. De la formula 10 se deduce la formula 14 la cual nos muestra como calcular el índice de cada dimensión, tomando como referencia el ejemplo propuesto por la metodología del IICA tenemos que en este caso particular el índice ambiental sería:

$$SA = \frac{1}{4} * ( I_1 + I_2 + I_3 + I_4 ) \dots\dots(14); SA = \frac{1}{4} * (0.4879 + 0.0000 + 0.0000 + 0.1400) \text{ en } 2003.$$

SA2003 =  $\frac{1}{4} * 0.6279 = 0.156975$ . Esta misma formula se utiliza para obtener los índices de cada dimensión. Para ejemplificar aplicando la formula 14 tenemos los siguientes índices para el año 2003.

- SA = 0.156975
- SE = 0.54908
- SS = 0.24545

**4.1.4 CÁLCULO DEL ÍNDICE INTEGRADO DE DESARROLLO.**

Ya por último para calcular el índice integrado (S3) se utiliza la formula 11, La cual es un agregado de los índices individuales de cada dimensión y que no es más que una simplificación algebraica de la formula 13.

$$S3 = \sum_{D=1}^M ( B_D / 100 ) S_D \dots\dots(11)$$

Desarrollando la formula 11 para obtener el S3 del año 2003 tenemos lo siguiente:

- S32003=  $0.35*0.156975+0.35*0.54908+0.30*0.24545 = 0.32075425$

Lo que de acuerdo a la simbología utilizada en la metodología del Biograma significa que el estado del sistema en su conjunto se encuentra en un nivel crítico; y de los índices individuales se deduce que este estado fue alimentado principalmente por la dimensión ambiental, la cual en 2003 estaba en el punto rojo. El mismo procedimiento se aplica para todos los años para obtener los índices individuales de cada dimensión, así como su respectivo índice integrado. Una vez obtenidos todos estos valores podemos realizar el análisis para todo el período de estudio, ya sea para cada dimensión o para el sistema en su conjunto tomando como referencia los siguientes criterios utilizados en la metodología.

Si el área sombreada es de color		Alta posibilidad de colapsar	 $S^3 < 0.2$
Si el área sombreada es de color		Nivel crítico	 $0.2 < S^3 < 0.4$
Si el área sombreada es de color		Sistema inestable	 $0.4 < S^3 < 0.6$
Si el área sombreada es de color		Sistema estable	 $0.6 < S^3 < 0.8$
Si el área sombreada es de color		Nivel óptimo	 $S^3 > 0.8$

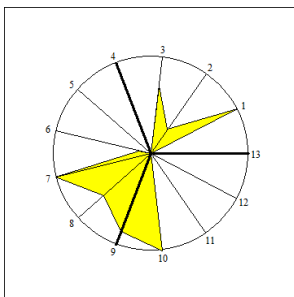
Fuente: IICA; “Metodología para estimar el nivel de Desarrollo Sostenible de los territorios rurales (El Biograma)”, IICA, San José Costa Rica, Enero 2005, p.31.

Estas representaciones se presentan mediante gráficos de telaraña, a continuación presento los resultados obtenidos para todo el período de estudio en términos cuantitativos y gráficos.

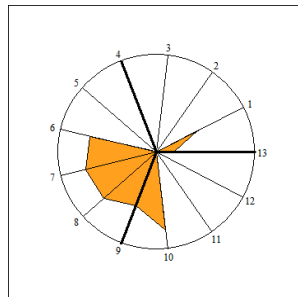
Cuadro 2: Valores de los índices individuales e integrados				
	SA	SE	SS	S3
2002	0.50145	0.52532	0.25	0.4343695
2003	0.156975	0.54908	0.24545	0.32075425
2004	0.522375	0.67722	0.30065	0.51005325
2005	0.3255	0.77562	0.38245	0.500127
2006	0.523975	0.8277	0.476625	0.61607375
2007	0.3525	0.81396	0.840925	0.6605385
2008	0.864025	0.45718	0.61025	0.64549675
2009	0.458175	0.35328	0.49935	0.43381425

BIOGRAMA GENERAL 2002 – 2009.

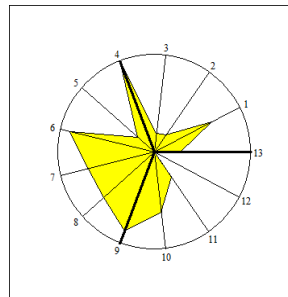
2002



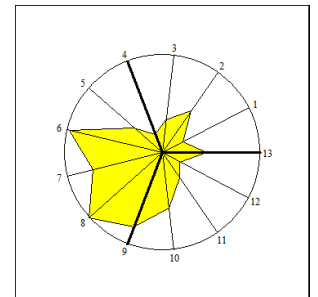
2003



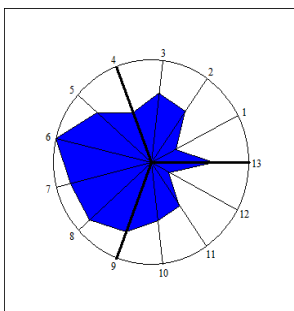
2004



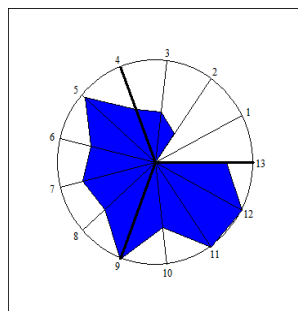
2005



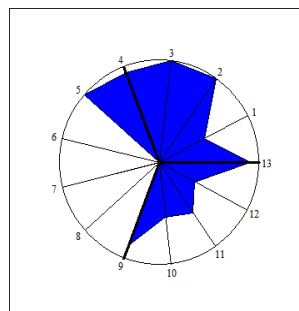
2006



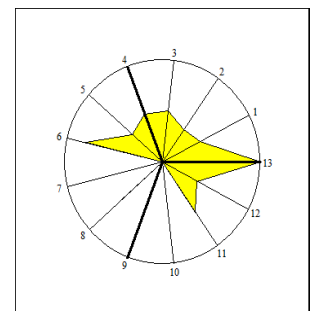
2007



2008

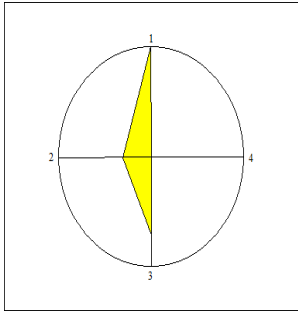


2009

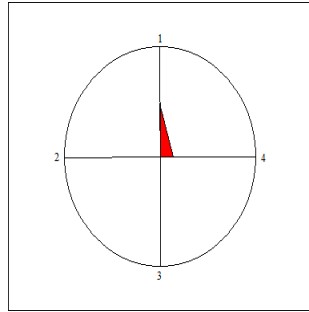


DIMENSIÓN AMBIENTAL.

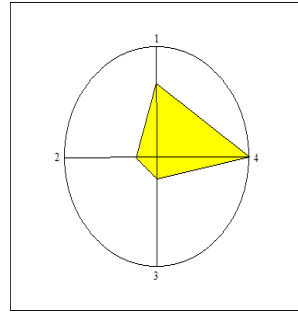
2002



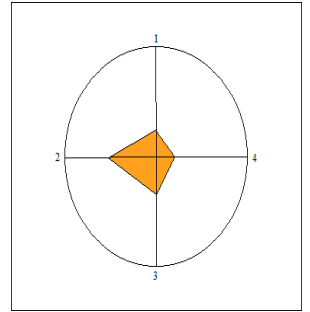
2003



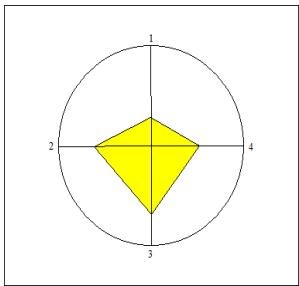
2004



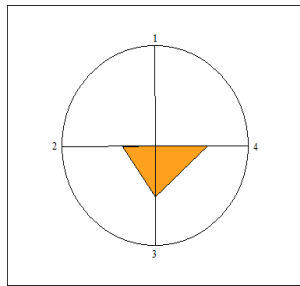
2005



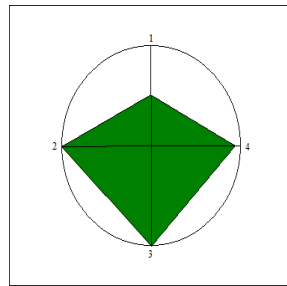
2006



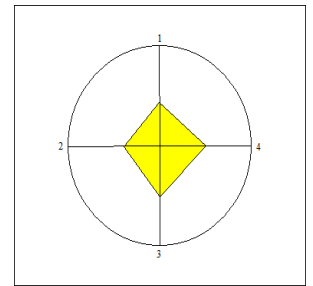
2007



2008

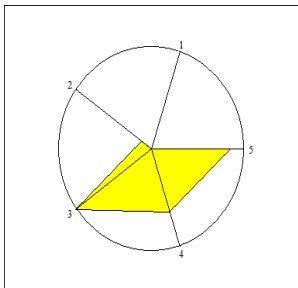


2009

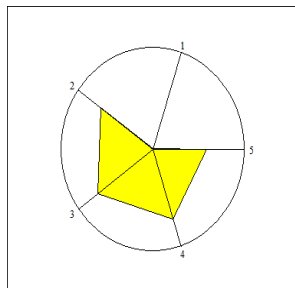


DIMENSIÓN ECONÓMICA.

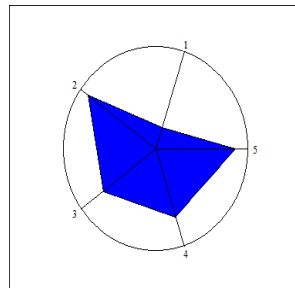
2002



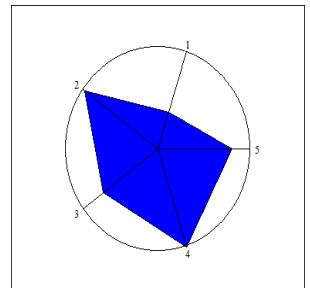
2003



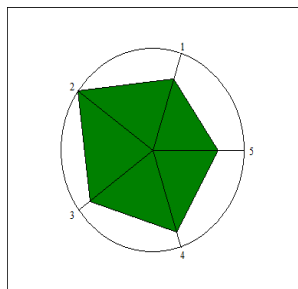
2004



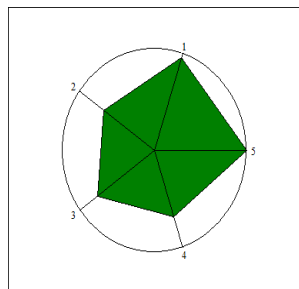
2005



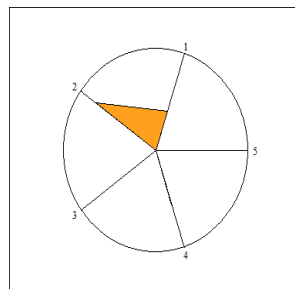
2006



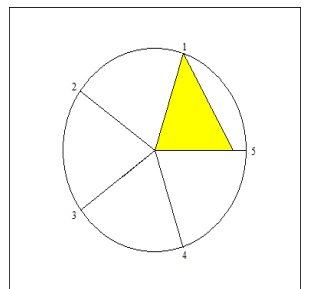
2007



2008

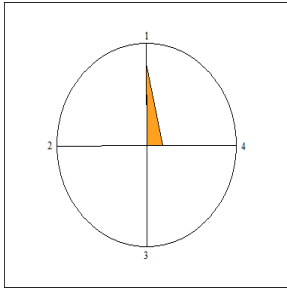


2009

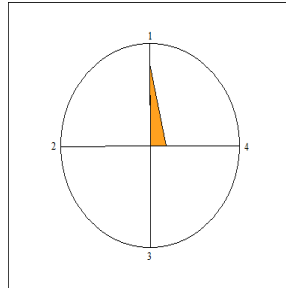


## DIMENSIÓN SOCIAL.

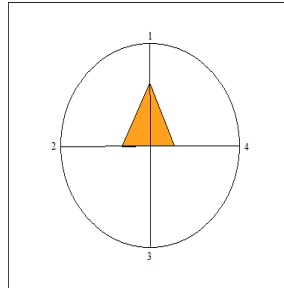
2002



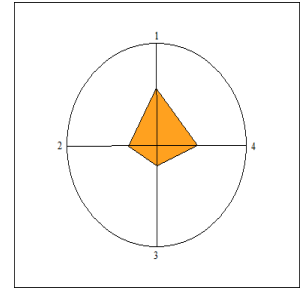
2003



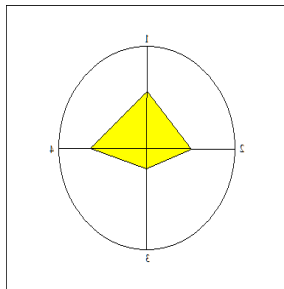
2004



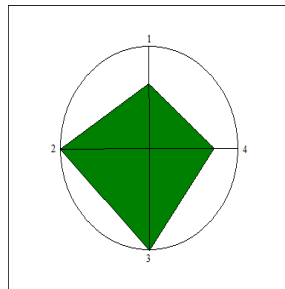
2005



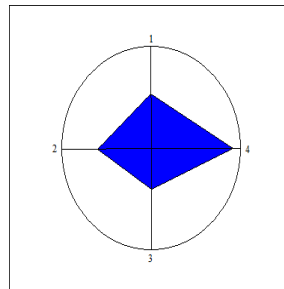
2006



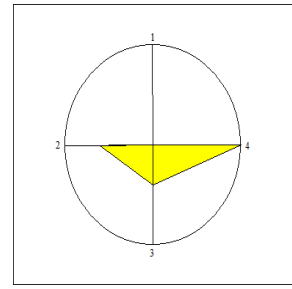
2007



2008



2009



### 4.1.5. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL DS EN MÉXICO 2002 – 2009.

Los gráficos así como los índices nos arrojan los siguientes resultados.

- Dimensión Ambiental: En términos generales es una dimensión inestable en el país, inclusive en 2002 estaba en colapso y en 2005 llega a un nivel crítico, solo alcanza el nivel óptimo en 2008 año en el cual todos los indicadores mostraron su mejor desempeño (IR, IRC, IDP e ICC), volviendo a la inestabilidad en 2009.
- Dimensión Económica: Esta dimensión venía mejorando cada año pasando de ser un sistema inestable en 2002 y 2003, logro alcanzar el nivel de estabilidad en los años 2004 y 2005 e inclusive llega a su nivel óptimo en los años 2006 y 2007, para volverse a deteriorar llegando a



un estado crítico en 2008 (esto es aceptable considerando la crisis mundial de ese año). Ya en 2009 se da una pequeña mejoría para ubicarse nuevamente como un sistema inestable.

- **Dimensión Social:** De las tres dimensiones estudiadas esta es la que muestra el peor desempeño ubicándose cuatro años en un nivel crítico (2002 – 2005), en 2006 se muestra como inestable y solo alcanza el óptimo en 2007 alimentado principalmente por un aumento en la participación de la fuerza laboral femenina y una ligera disminución del desempleo y la pobreza. En 2008 los indicadores vuelven a deteriorarse, aun así el sistema se muestra estable, pero ya en 2009 vuelve a su estado de inestabilidad.
- **Nivel de Desarrollo Sustentable:** El sistema en su totalidad es inestable en la mayoría de los años (2002, 2004, 2005 y 2009), en 2003 la UA se encontraba en un nivel crítico debido a el pésimo desempeño de la dimensión ambiental y otro tanto la dimensión social en ese año. La UA logra su mejor desempeño del año 2006 al 2008 llegando a ser un sistema estable; en 2006 se alimentó principalmente de la dimensión económica, en 2007 de las dimensiones económica y social, y ya en 2008 alcanza su nivel de estabilidad gracias al buen desempeño de la dimensión ambiental en ese año.

## **4.2 VIABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A BASE DE MAÍZ EN MÉXICO.**

Una vez calculado el nivel de DS para la UA como complemento de la metodología es necesario evaluar aquellas áreas en las que el país puede tener debilidades o fortalezas para la producción de agrocombustibles, con esto hago referencia a las dimensiones citadas anteriormente (disponibilidad, acceso, estabilidad y utilización); una vez teniendo estos resultados podremos conocer las áreas de oportunidad de la UA, así como las dimensiones hacia las cuáles deberían de dirigirse las políticas públicas.

### **4.2.1 EVALUACIÓN DE LA DIMENSIÓN DE DISPONIBILIDAD.**

Existen varios indicadores que nos permiten medir la disponibilidad de un país para decidir el uso de alguna materia prima para la producción de agrocombustibles, para este caso se tomaron los

indicadores de producción, importación, exportación, consumo y suministro del grano en estudio así como el Índice de Oferta de Energía Alimentaria per cápita (IOEAPC) y la disponibilidad de tierras para uso agrícola dichos resultados se muestran a continuación en los gráficos 1 al 6 (todos los gráficos a excepción del gráfico 6 son elaboraciones propias, las fuentes de consulta así como los datos absolutos se encuentran en el anexo 1).

Gráfico 1: Producción, Suministro y Déficit Nacionales de Maíz

(Miles de Toneladas)

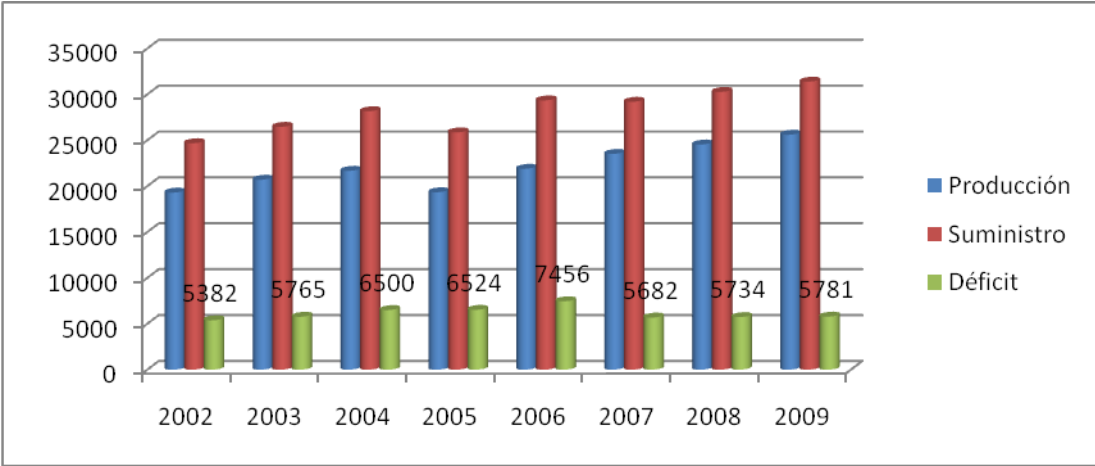
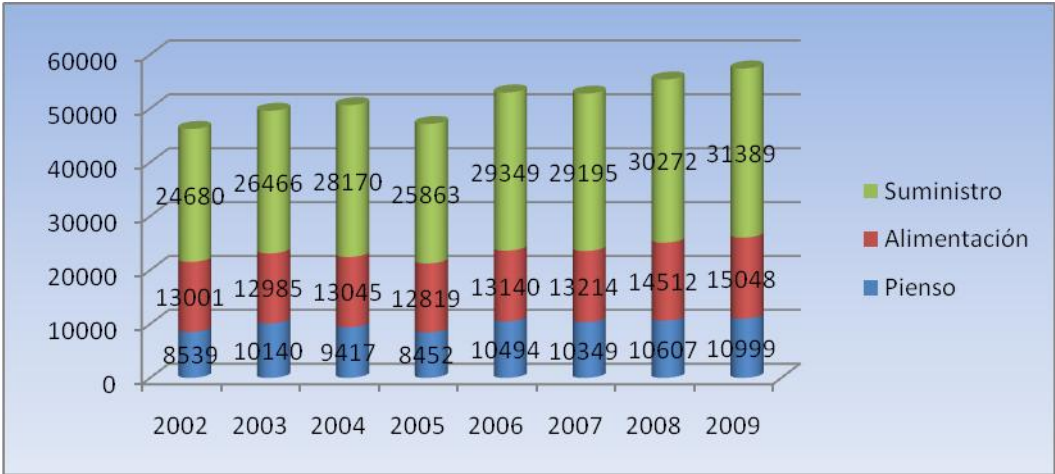


Gráfico 2: Suministro de Maíz y sus principales destinos

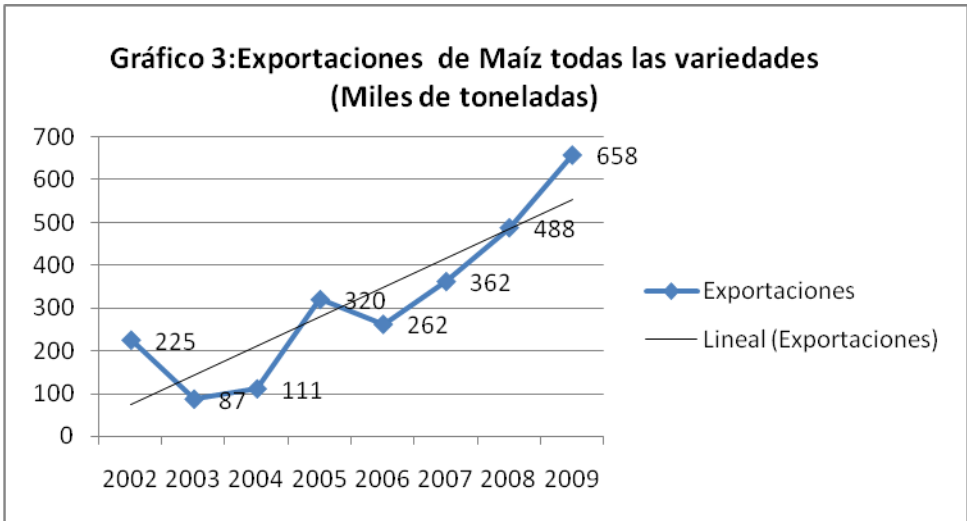
(Miles de toneladas)

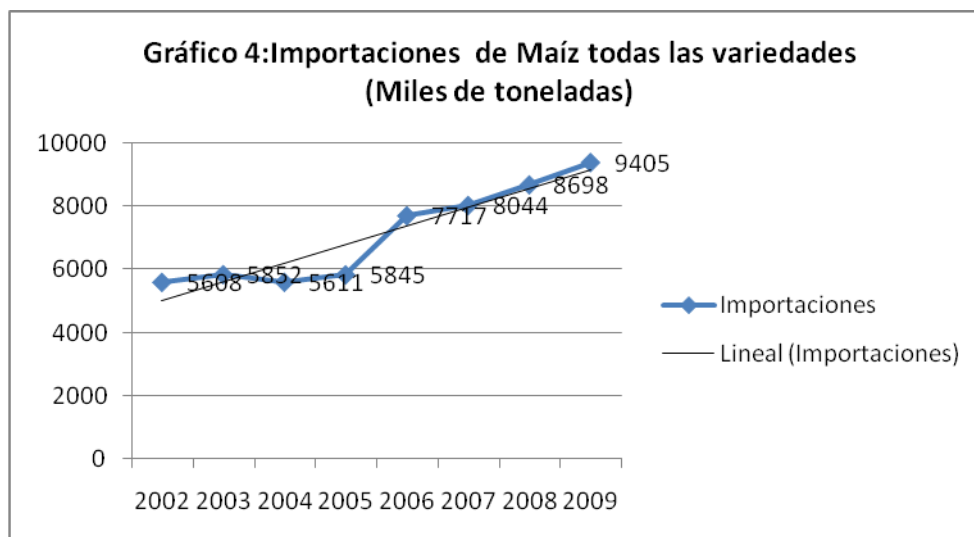


Como se puede observar en el gráfico 1 la producción nacional de maíz no alcanza a cubrir los requerimientos de suministro necesarios, en el período de estudio la tasa de crecimiento anual promedio de la producción fue del 4.36% pasando de una producción de 19298 Mt en 2002 a 25608 Mt en 2009, mientras que los requerimientos necesarios para el suministro pasaron de 24680 a 31389 Mt, lo anterior se ve reflejado en los déficits correspondientes a cada año.

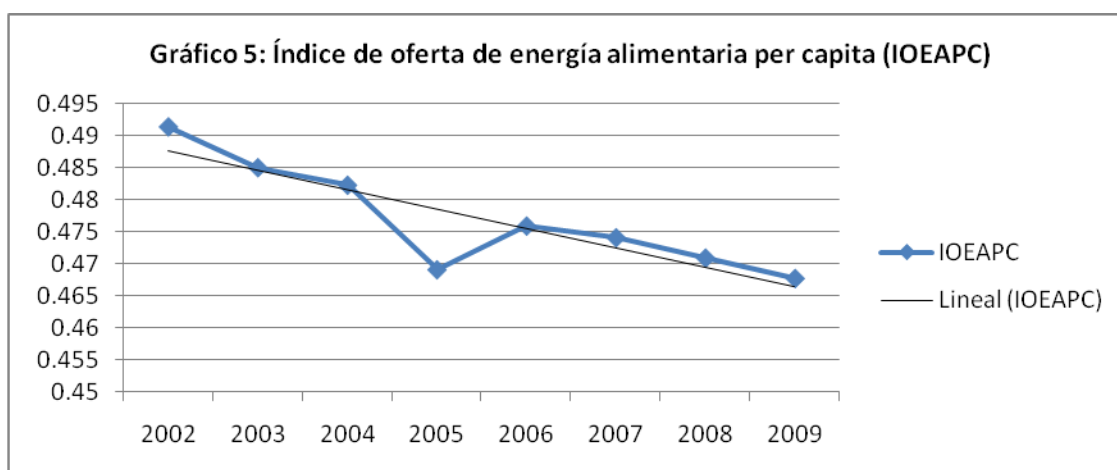
La mayor parte de los requerimientos de las diferentes variedades de maíz tienen como destino final el pienso (alimentación del ganado) y la alimentación humana, en promedio estas cifras representan el 35 y el 48% respectivamente por lo que ambos suman el 83%, aquí vale la pena señalar que la cantidad de maíz que se utiliza para alimentar al ganado es muy alta, aproximadamente 11,000 Mt en 2009.

En los gráficos 3 y 4 se muestran las exportaciones e importaciones de maíz, estas últimas son mayores para todos los años; de hecho la producción nacional de maíz blanco si cubre de manera satisfactoria la demanda para consumo humano (harina y tortilla), incluso la producción total nacional alcanzaría para cubrir los requerimientos de consumo humano, pero debido a que también se destina para otros usos (principalmente el maíz quebrado que se utiliza en el sector pecuario) es necesario recurrir a la importación.





En términos generales tenemos ante nosotros tres grandes indicadores que nos permiten medir la dimensión de disponibilidad, como primer punto el déficit comercial de México en este grano, desde este punto no es viable destinar maíz para la producción de agrocombustibles, aun así la Ley permite el uso de maíz importado para su uso energético sin necesidad de contar con el permiso previo.



Como complemento del punto anterior tenemos el índice de oferta de energía alimentaria per cápita (IOEAPC), el cual nos indica los posibles riesgos en la disponibilidad de alimentos debidos al uso de algún grano como materia prima en la producción de agrocombustibles, este índice propuesto por la FAO es la razón entre la oferta de energía alimentaria (Kcal/persona/día) y el

requerimiento mínimo promedio per cápita (2200 Kcal/persona/día), valores mayores a 1 significan superávit mientras que valores menores a 1 indican déficit, para el caso de México en todo el período de estudio tenemos valores menores a 0.5, de hecho incluso el índice se ha venido deteriorando más en los últimos años, esto nos indica que el destinar maíz para la producción de etanol tendría como consecuencia mayores riesgos en la disponibilidad de alimentos.

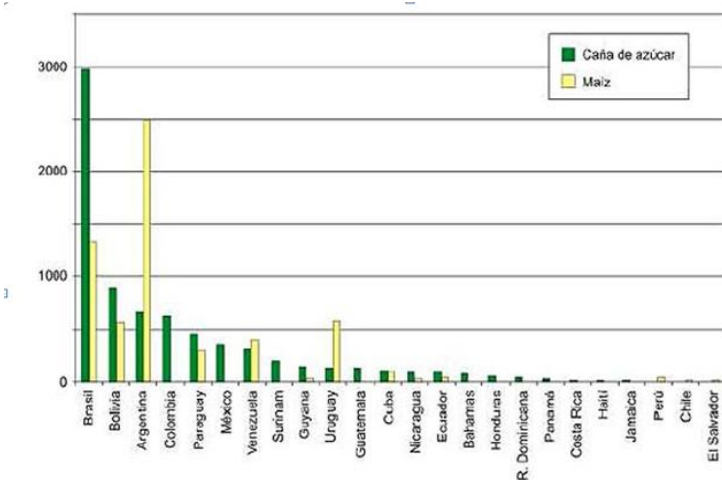


Gráfico 6: Superficie agrícola remanente disponible luego de alcanzar una mezcla de bioetanol E5. Miles has. Las barras representan el área apta para expansión agrícola excluyendo la superficie cultivada actualmente y la necesaria para el E5. Los valores para cada cultivo son

excluyentes entre sí. Redibujado de CEPAL y FAO (2007)

Fuente: Presentado en: Honty, Gerardo; Gudynas, Eduardo “Energías Alternativas Agrocombustibles y Desarrollo Sostenible en América Latina y en el Caribe. Parte 4”. Disponible en <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entregacs.asp?IdEntrega=2300>

Para terminar con el análisis de esta dimensión, el gráfico 6 nos muestra de forma clara que no existen tierras disponibles para ser utilizadas en la producción de maíz para agrocombustibles. De todo lo anterior podemos concluir que al menos en la dimensión de disponibilidad el país en el momento actual no cuenta con los requerimientos mínimos necesarios para la utilización del maíz como materia prima del etanol.

#### 4.2.2 EVALUACIÓN DE LA DIMENSIÓN DE ACCESO.

Para el caso de la dimensión de acceso, revisaremos algunos indicadores del estado de la pobreza y la desigualdad en el ámbito rural, en este caso además de los índices de pobreza rural a nivel nacional presento los índices individuales de aquellos estados de la república que tienen mayor importancia en cuanto al nivel de producción de maíz que tienen. Los principales productores de maíz blanco son Sinaloa (23%), Jalisco (13%), Michoacán, Chiapas y Guerrero (7%), Estado de México y Guanajuato (6%), Veracruz (5%) y Puebla (4%); mientras que los principales productores de maíz amarillo son Chihuahua (35%), Jalisco (25%), Tamaulipas (21%) y Chiapas (13%).

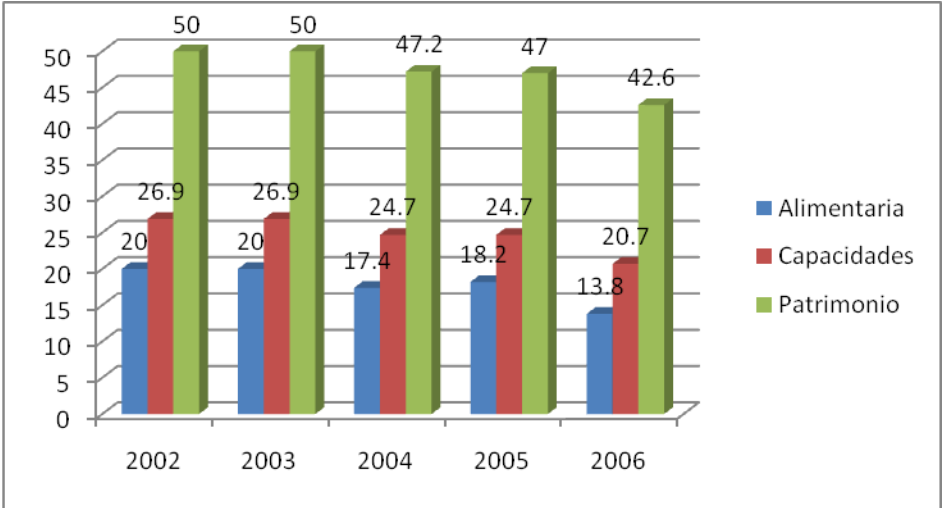
Básicamente la dimensión acceso hace referencia a las condiciones específicas de pobreza y desigualdad que predominan en algún lugar determinado, de hecho podemos reducir la dimensión acceso al estudio de la pobreza de acuerdo con las definiciones de esta. “La pobreza, en su acepción más amplia, está asociada a condiciones de vida que vulneran la dignidad de las personas, limitan sus derechos y libertades fundamentales, impiden la satisfacción de sus necesidades básicas e imposibilitan su plena integración social”<sup>5</sup>. De la definición anterior podemos observar que el estudio de la pobreza abarca un estudio multidimensional; en México quien se encarga de hacer este análisis es el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), los indicadores presentados en los gráficos del 7, 8 y 10 fueron tomados de dicho estudio el cual abarca los siguientes indicadores.

- Ingreso corriente per cápita.
- Rezago educativo promedio en el hogar.
- Acceso a los servicios de salud.
- Acceso a la seguridad social.
- Calidad y espacios de la vivienda.
- Acceso a los servicios básicos en la vivienda.
- Acceso a la alimentación.
- Grado de cohesión social.

En base al análisis de estos indicadores el CONEVAL define lo que ellos llaman pobreza multidimensional de la siguiente forma; “una persona se encuentra en situación de pobreza multidimensional cuando no tiene garantizado el ejercicio de al menos uno de sus derechos para el desarrollo social, y si sus ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades”<sup>6</sup>. Con el fin de clasificar los niveles de pobreza, el CONEVAL la divide en pobreza alimentaria, de capacidades y patrimonial; la pobreza alimentaria siempre va a ser la menor dado que el derecho a una sana alimentación es el mínimo al que debería tener acceso una persona.

Pongo énfasis en la pobreza rural, dado que es en los territorios rurales donde se da la producción de maíz, así mismo los territorios rurales serían los principales involucrados en la producción de agrocombustibles y la producción de estos debe estar enfocada al desarrollo de estos mismos.

Gráfico 7: Incidencia de la pobreza Nacional en personas (%)



Como se puede observar en el gráfico 7 hasta 2006 más del 40% de la población mexicana se encontraba en el nivel de pobreza patrimonial y aún en ese año el 13% de la población no tenía acceso ni siquiera a una buena alimentación, aunque ambas han disminuido en comparación con el año 2002; en el ámbito rural estos porcentajes se incrementan (54.7% padece pobreza de patrimonio y 24.5% de pobreza alimentaria), al igual que a nivel nacional estos porcentajes han

disminuido en comparación con el año 2002; aún así hablamos de que aproximadamente 25,805,850 personas en 2006 se encontraban en situación de pobreza alimentaria tan solo en el sector rural.

Gráfico 8: Pobreza Rural en personas (%)

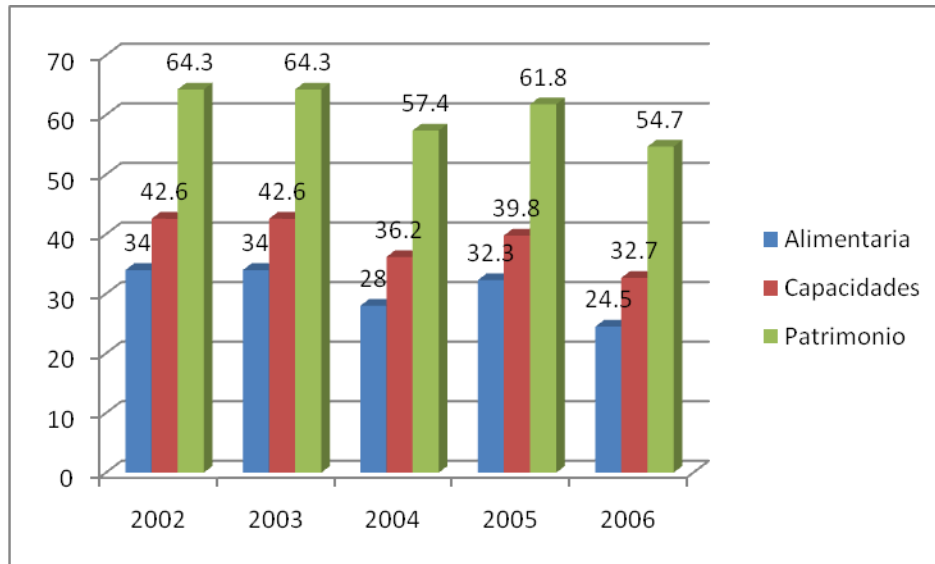
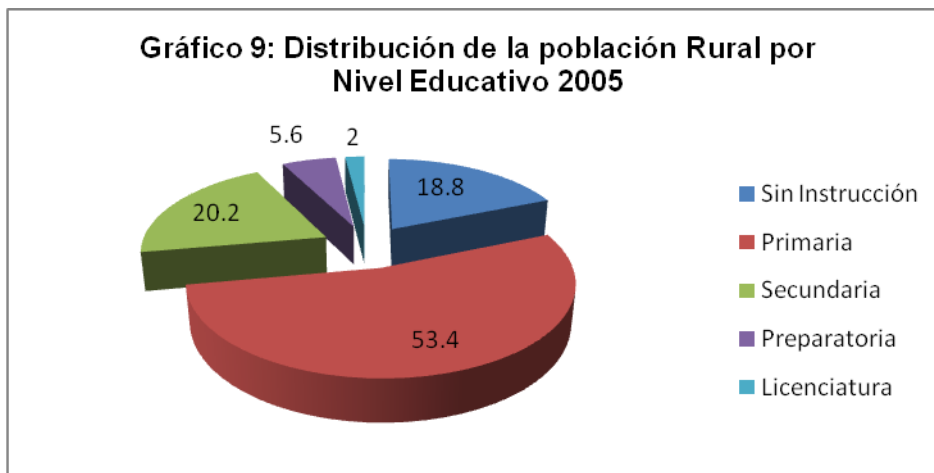


Gráfico 9: Distribución de la población Rural por Nivel Educativo 2005



Fuente: INEGI, II Censo de población y Vivienda 2005.

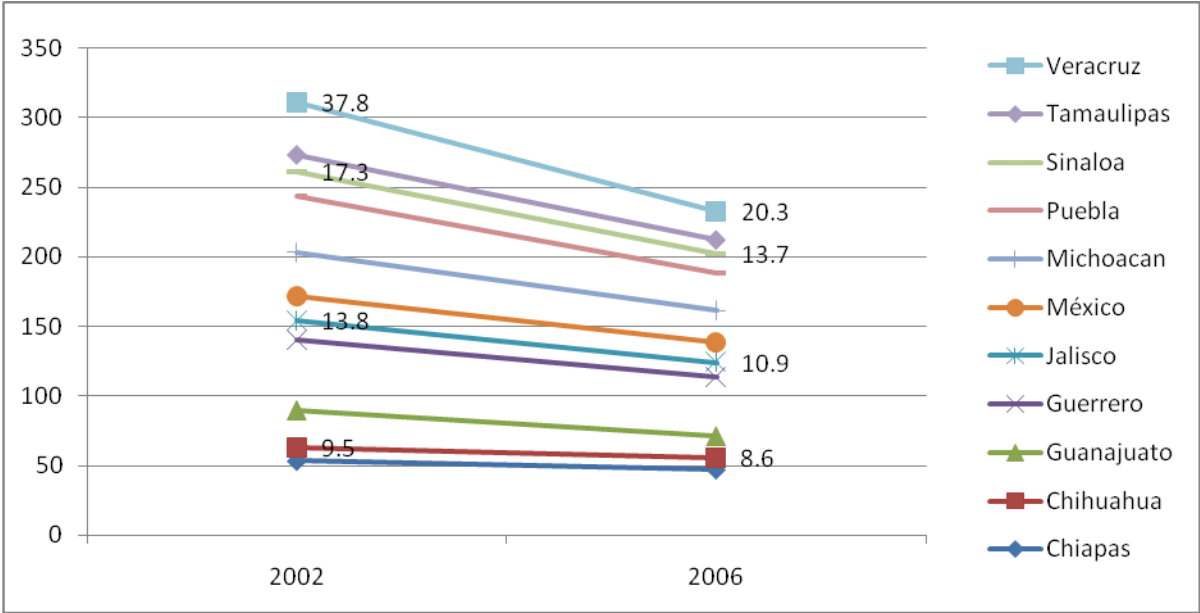
Esta tendencia coincide con la mostrada por el IOEAPC, el cual se venía deteriorando desde 2002 y tuvo una pequeña mejoría en 2006, para después volver a su tendencia a la baja hasta 2009. Ya en 2008 la población en situación de pobreza multidimensional (la cual se definió con anterioridad),



era del 44.2% del total de la población, lo que representa 47.19 millones de personas de las cuáles 23.06 millones no tiene ni siquiera acceso a la alimentación, 20.13 carece de los servicios básicos de vivienda, 68.99 carece de acceso a la seguridad social y 23.16 millones de personas padecen de rezago educativo. Dentro del sector rural visto por nivel educativo, la mayor parte de la población rural solo cuenta con estudios de primaria (53.4%), 18.8% no tienen ningún tipo de instrucción y solo el 2% cuenta con estudios de licenciatura.

Para finalizar el estudio de esta dimensión, en el gráfico 10 observamos el porcentaje de personas en situación de pobreza alimentaria de los principales productores de maíz, Sinaloa quien es el principal productor de maíz blanco en el país, ocupa el 3er lugar en pobreza alimentaria (20.3% de su población en 2006), Jalisco otro importante productor se ubica en el 7º lugar, mientras que Tamaulipas otro importante productor de maíz amarillo ocupa el segundo lugar.

Gráfico 10: Pobreza Alimentaria por Estado (principales productores de maíz % de personas)



De todo lo anterior, se concluye que no es viable destinar maíz para producir etanol en México y de hecho se debe discutir la viabilidad para con los demás cultivos, dado que se debería poner mayor atención en la erradicación de la pobreza comenzando por la pobreza alimentaria, es decir

primero garantizar el abasto interno del grano para el consumo humano antes de destinarlo a otros fines.

#### 4.2.3 EVALUACIÓN DE LA DIMENSIÓN DE ESTABILIDAD.

La estabilidad tiene sobre todo que ver con el hecho de que la producción de etanol sea competitiva en términos de precios con respecto al combustible fósil. Para saber si el etanol que se obtendría del maíz sería competitivo, lo primero que conviene hacer es observar el comportamiento de los precios internacionales del maíz, el petróleo y el etanol (Gráficos 11 al 13).

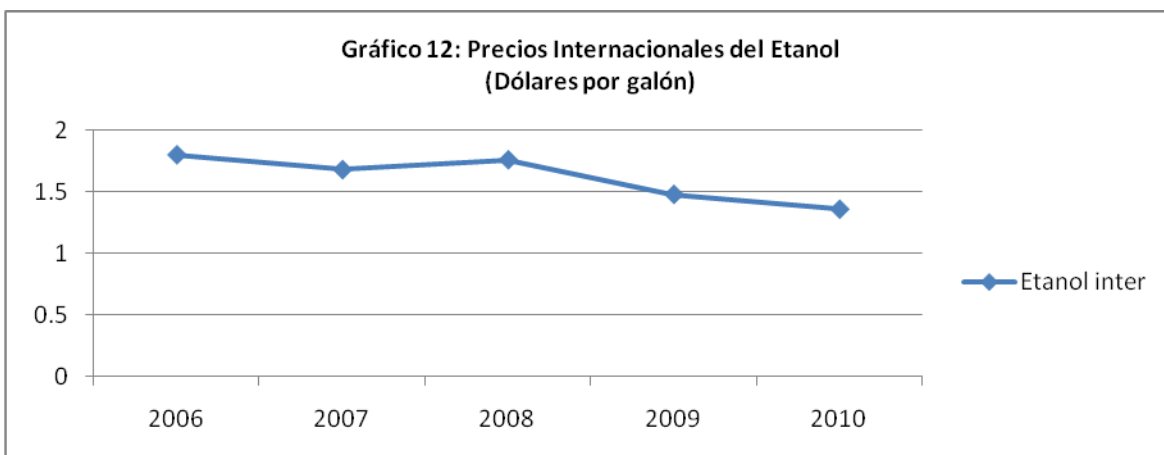
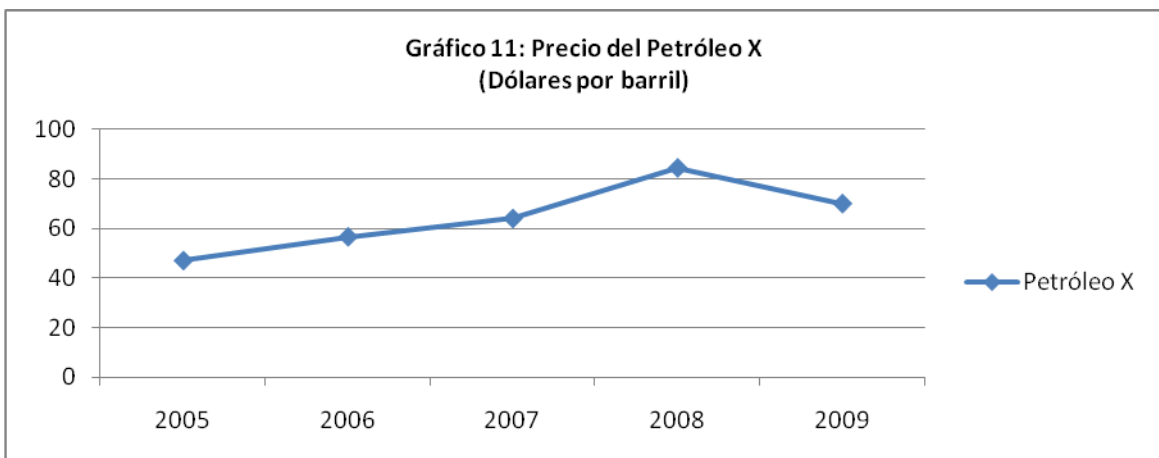
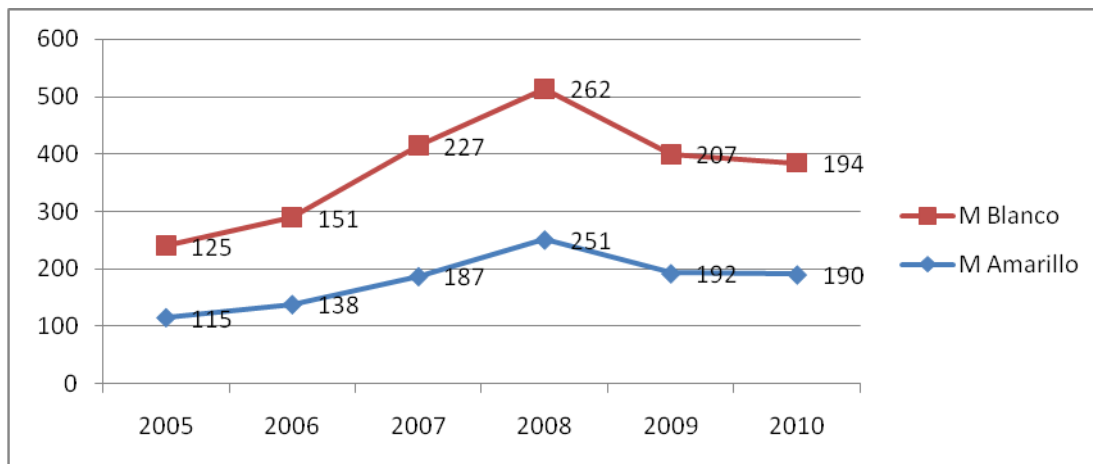


Gráfico 13: Precio Internacional del Maíz (Dólares por tonelada)



Los gráficos nos muestran que tanto los precios del maíz así como el precio del petróleo han seguido la misma tendencia, mientras que el precio del etanol parece tener un comportamiento independiente de los precios del maíz o del petróleo, esto se puede comprobar por medio de una ecuación lineal simple (2 variables) de la forma  $f(x) = y = a + bx$ .

En donde  $f(x) = y$  es nuestra variable dependiente, de tal forma que  $x$  es la variable independiente; y  $a, b$  son los parámetros a estimar. Para este caso particular tenemos que nuestra variable dependiente es el precio del etanol, el cual estaría en función del precio del maíz (variable independiente). Calculando el coeficiente de Pearson tenemos que  $r^2 = 0.08$ . Sabiendo que  $r^2$  es + pero cercano a cero estamos hablando de una distribución dispersa por lo que los valores de  $x, y$  no se encuentran correlacionados.

Lo anterior es aceptable conociendo en el hecho de que en la actualidad a nivel internacional la mayor parte de la producción de etanol se realiza con base en la caña de azúcar por lo que el comportamiento de los precios internacionales del etanol estarían mejor correlacionados con los precios internacionales de la caña de azúcar.

En última instancia y para dejar claro este punto no hay que olvidar que el hecho de que dos variables se encuentren correlacionadas no implica que las variables sean causales, lo que nos dice es que si una variable se mueve, la otra se moverá en el mismo sentido o en sentido contrario, es decir que existe una relación matemática entre las dos variables, pero “una relación estadística, sin importar que tan fuerte y sugestiva sea, nunca podrá establecer una conexión causal: nuestras ideas de causalidad deben venir de estadísticas externas y, en último término, de una u otra teoría”<sup>7</sup>; “una relación estadística no puede por sí misma implicar en forma lógica una causalidad”<sup>8</sup>.

Aclarado este punto, lo que ahora importa es conocer el precio que tendría el etanol producido a base de maíz para el caso de México, en la actualidad podemos disponer de algunos estudios que se han realizado acerca de este punto uno de ellos es el realizado por la Secretaría de Energía (Sener), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Dicho estudio el cuál se basa en un modelo de simulación de proyectos para producir nuevos combustibles tuvo como resultado que para el caso específico de México el costo total de producir un litro de etanol con base en maíz fluctuaría entre los 0.44 y 0.60 dólares (Cuadro 3).

Cabe aclarar que el escenario más realista sería el de 0.60 dólares, dado que en el primer escenario se “supuso un precio por debajo del mercado y un rendimiento superior a la media nacional (120 dólares por tonelada y 10 toneladas por hectárea)...Al aumentar el precio del maíz a una cantidad más realista, 200 dólares por tonelada, por ejemplo y bajar la productividad a niveles de promedio nacional, el costo total de producir etanol, a partir de maíz, se eleva considerablemente, pudiendo llegar a 60 centavos de dólar por litro”<sup>9</sup>.

Este costo es de más del doble de lo que le cuesta producir un litro de etanol a Estados Unidos (el principal productor de etanol en base a este grano), para quien su costo de producción fluctúa entre 0.26 y 0.27 dólares por litro. Ahora bien para que la producción de etanol en base al maíz sea atractiva, significa que el precio del bioetanol debe ser menor o igual al precio de la gasolina regular.

CUADRO 3: COSTOS DE PRODUCIR ETANOL EN BASE AL MAÍZ.

Concepto	México		Estados Unidos			
	Maíz vía seca		Maíz vía seca		Maíz vía húmeda	
	dll / litro	%	dll / litro	%	dll / litro	%
Materia prima	0.3	68	0.14	50.48	0.1	38.8
Inversión	0.07	16	0.13	49.52	0.16	61.2
Energía	0.07	16	0	0	0	0
Total	0.44	100	0.27	100	0.26	100

Fuente: Elaboración propia en base a:

Becerra Pérez, Luis Armando "La industria del etanol en México", revista Economía, Facultad de Economía, UNAM vol. 6 núm. 16.

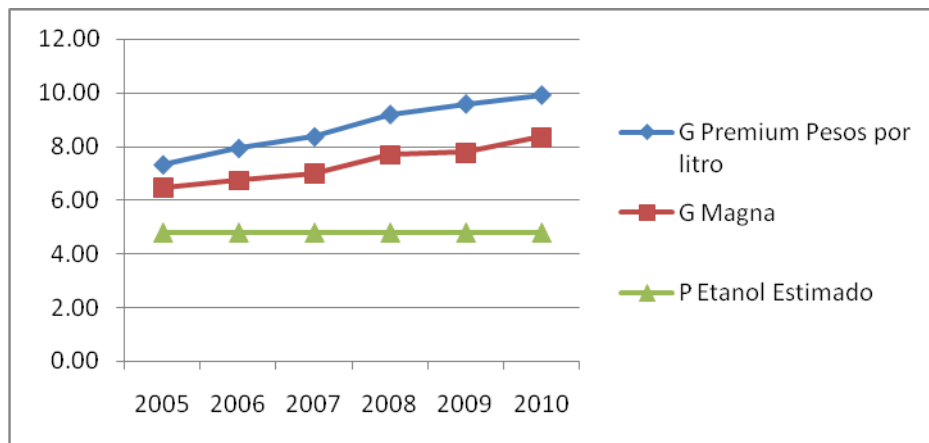
Sagarpa; SIAP "Situación Actual y perspectivas del maíz en México 1996 - 2012"; SIAP, México.

Tomemos el escenario más realista que tiene un costo de producción de 0.60 dólares por litro de etanol, este escenario también contempla la productividad media nacional la cual fluctúa entre 2.77 y 4.10 ton / ha; mientras que el promedio nacional es de 2.82 toneladas de maíz por ha. Suponiendo que el rendimiento fuera similar al de los Estados Unidos (en donde con 1 bushel se obtienen 2.6 galones de etanol), de esto se desprende que para obtener un litro de etanol son necesarios 2.51 kg de maíz, por lo que México tendría una producción aproximada de 3980 litros de etanol por ha, lo cual estaría por arriba del nivel de EU el cuál es de 3751 litros por ha.

El precio promedio del maíz de producción nacional es de 1285.5 pesos por tonelada, por lo que un kilo tiene un precio promedio de un peso con treinta centavos, el cual esta por debajo de la media internacional, sabiendo que necesitamos 2.51 kg por litro de etanol el costo de la materia prima sería de 3.26 pesos por litro de etanol (lo cual representaría el 68% del costo total), el 32%

restante corresponde a la inversión necesaria y el gasto en energía, por lo que el costo total de producir un litro de etanol sería de aproximadamente 4 pesos con 80 centavos.

Gráfico 14: Precios de la gasolina y el etanol en México



Desde la óptica de esta dimensión, parece viable la producción de etanol en base al maíz, al precio estimado habría que añadir los costos de transporte más el margen de ganancia, ya que en el precio mostrado en el gráfico el precio estimado = precio costo. Aun sumando estos costos la producción parece viable desde este punto de vista ya que la tendencia del precio de la gasolina es hacia arriba; en el caso de México de acuerdo a los lineamientos de PEMEX el precio del etanol en el país se daría a conocer cada mes, calculado con la formula:

- $P_{Etanol} = Etanol + Costo\ de\ transporte + Dif\ Mezclado - Costo\ de\ Inversión.$

#### 4.2.4 EVALUACIÓN DE LA DIMENSIÓN DE UTILIZACIÓN.

Como último punto para concluir el análisis tenemos la dimensión de utilización, la cuál hace referencia al uso y manejo intensivo de los recursos naturales. Esta dimensión es uno de los puntos más discutidos, ya que habría que demostrar que la energía que brinda este

agrocombustible es mayor a la necesaria en su ciclo de vida (desde que se cultiva hasta que es transportada a los centros de consumo final).

De acuerdo a datos de PEMEX Refinación, se estima que la cantidad necesaria de etanol en México para cubrir la demanda (la cual sería utilizada como oxigenante en las gasolinas) de las tres principales zonas metropolitanas del país (Guadalajara, Jalisco; Monterrey, Nuevo León; y la Ciudad de México, DF) sería de 184, 133 y 493 millones de litros por año respectivamente, un total de 810 millones de litros por año, por lo que se requerirían de 2,033.1 miles de millones de Kg de maíz al año.

Dado que la productividad nacional promedio es de 2820 kg por ha, se necesitarían 720,957.5 ha adicionales; el déficit de maíz actual es de 5781 miles de toneladas, sumando este déficit tan solo para cubrir los requerimientos internos (alimentación y etanol) se necesitarían 5,781 miles de millones de kg de maíz, es decir 2 millones 50 mil ha adicionales, esto bajo el supuesto de que la productividad se mantenga constante.

Actualmente se siembran en México 8,378,100 ha de maíz, por lo que se necesitarían sembrar en total 10,428,100 ha, esto con todas las implicaciones que tiene acerca de los cambios en el uso de la tierra y los mayores requerimientos de recursos naturales (sobre todo el agua), así como el mayor uso de fertilizantes, pesticidas y demás productos agroquímicos necesarios en la producción de este cultivo y sus implicaciones sobre el medio ambiente.

Calcular el balance neto de energía que brindan los agrocombustibles ha sido una de las tareas más difíciles, existen varios estudios que han calculado el balance de energía de diferentes biocombustibles y agrocombustibles dichos balances muestran variaciones amplias las cuáles fluctúan en una escala del 0 al 10 y se determinan “en función de factores como la productividad de la materia prima, las prácticas agrícolas y las tecnologías de conversión...Un balance de energía fósil de 1.0 significa que se necesita tanta energía para producir un litro de biocombustible como

energía contenga éste; en otras palabras, el biocombustible en cuestión no supone ni ganancias ni pérdidas netas de energía. Un balance de energía de combustible fósil de 2.0 significa que un litro de biocombustible contiene el doble de la energía que se necesita para producirlo”<sup>10</sup>.

Para el caso del maíz dichos balances fluctúan en valores mayores a 1 y menores a 2 por lo que en apariencia tienen un balance energético neto positivo, aunque entre los cultivos la caña de azúcar presenta el mejor balance con niveles que oscilan entre los valores de 2 y 8. Actualmente aun hay gran polémica en cuanto a esta dimensión inclusive hay quienes proponen medir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas por el cambio indirecto del uso de la tierra, lo cierto es que hasta ahora no existe acuerdo entre científicos y economistas sobre las hipótesis y parámetros que se deben de utilizar para determinar los balances de energía.

El segundo punto que se debate en esta dimensión es el uso del agua en la producción de agrocombustibles; para el IICA el maíz es considerado como un cultivo apto para la producción de etanol desde el punto de vista de los requerimientos de agua con requerimientos medianos, mientras que la FAO cataloga al maíz como un cultivo con altos requerimientos de agua por lo que no recomienda su producción, en este sentido explica. “La producción de más cultivos para biocombustibles afectará tanto a la calidad como la cantidad de agua. La conversión de pastizales o superficies forestales en campos de maíz, por ejemplo, podría empeorar problemas como la erosión del suelo, la sedimentación y la escorrentía de nutrientes en exceso (nitrógeno y fósforo) a aguas de superficie y la infiltración en aguas profundas provocada por el uso creciente de fertilizantes”<sup>11</sup>.

La postura del IICA se basa en el supuesto de que los requerimientos del agua se pueden abastecer en su mayor parte por el agua de lluvia, según esto hasta el 97% de los requerimientos podrían ser cubiertos por el agua de lluvia. Lo cierto es que de acuerdo a datos de la FAO para producir un litro de etanol con base en maíz se necesitan 857 litros de agua, aun así esta cantidad es menor a la requerida por la caña de azúcar la cual necesita de 1333 litros de agua por 1 litro de etanol.



En cuanto a este punto la elección de un cultivo es todavía un dilema, ya que mientras la caña de azúcar proporciona un mejor balance de energía, tiene mayores requerimientos de agua para su producción, por su parte el maíz tiene menos requerimientos pero con un balance de energía menor, aun así sus requerimientos de agua son altos (entre 500 y 1000 mm/año) y dados los conflictos actuales entorno a este recurso se debería discutir más ampliamente la viabilidad de ambos cultivos, también aquí vale la pena mencionar que entre los efectos que ha dejado ya el cambio climático se encuentra la alteración de las temporadas de lluvia por lo que no se puede planear el abastecimiento del agua de lluvia dado que estas ya no son regulares.

## CONCLUSIONES.

De todo lo expuesto en los diferentes capítulos podemos llegar a las siguientes conclusiones.

- A nivel mundial la principal fuente de abastecimiento de energía sigue siendo el petróleo, pero tal combustible se está agotando de forma acelerada no porque sea un recurso escaso en el subsuelo sino porque algunos países (principalmente Estados Unidos y algunos países europeos) han desarrollado hábitos de consumo innecesarios que hacen que la demanda por este combustible sea muy grande en estos países, los cuáles ante la imposibilidad de dominar por completo aquellos países que cuentan con las mayores reservas, han tenido que buscar otras fuentes de abastecimiento (energías renovables).
- La búsqueda de energías renovables ha tenido gran auge en los últimos años principalmente el desarrollo de los biocombustibles y agrocombustibles (hago notar la diferencia entre ambos términos para resaltar que los agrocombustibles son también biocombustibles líquidos, pero se ha decidido utilizar el término agrocombustibles debido a que la materia prima de estos, son cultivos que también pueden ser destinados a la alimentación); los cuáles han tenido como principal argumento para su promoción la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial.
- El aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es la principal causa del cambio climático, el cuál actualmente es reconocido; para abatir este problema los países firmantes del Protocolo de Kioto (PK) se han comprometido a reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> esto a través de los mecanismos que les son aplicables o tienen permitidos. En el caso de México el atractivo de los agrocombustibles es el poder desarrollar un nuevo mercado a través de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).
- Actualmente el mayor productor de etanol a nivel mundial son los Estados Unidos, seguido de Brasil y China, sin embargo, el país con más experiencia en la producción de etanol es Brasil, el cual utiliza en la actualidad una mezcla de hasta el 25% de etanol en las gasolinas. De los diferentes tipos de mezcla que existen, la más recomendada para países que deseen comenzar el desarrollo de los agrocombustibles es el E10; el cuál debe ser monitoreado en sus propiedades en sus diversas etapas a través de normas que regulen su funcionamiento.
- En México de acuerdo con la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB), el encargado de establecer dichas normas es la Secretaría de Energía (SENER). De acuerdo

también con la LPDB, la producción de etanol con base en el maíz se encuentra prohibida cuando el insumo sea nacional, sin embargo permite la producción con maíz importado. Uno de los errores más graves de la ley es que permite una tendencia hacia la aparición de mercados no regulados; otro de los vacíos de la ley es que omite los sistemas de certificación de los biocombustibles.

- En términos del desarrollo Sustentable México por lo general se puede considerar que es un país inestable. Actualmente esta inestabilidad es generalizada en todas las dimensiones de análisis. Su peor desempeño se encuentra en la dimensión social debido a incrementos en los índices de pobreza y desempleo a nivel nacional, la otra dimensión donde el país muestra mayores deficiencias es la dimensión ambiental, debido principalmente a la participación mayoritaria que tiene el petróleo dentro del total de las fuentes de energía primaria y su consecuente aumento en el número de emisiones de CO<sub>2</sub> arrojadas a la atmósfera (las mayores de América latina y el Caribe).
- Midiendo las dimensiones más comunes para evaluar el uso de algún grano para la producción de agrocombustibles, se concluye que en cuanto a la disponibilidad la producción con base en el maíz es inviable debido a que México es deficitario en este grano y no cuenta con tierras disponibles para este fin.
- En cuanto a la dimensión de acceso la producción de etanol a base de maíz también es inviable desde esta dimensión; el 25% de la población rural padece de pobreza alimentaria y el 55% de pobreza de patrimonio. Los territorios rurales tienen los mayores indicadores de pobreza a nivel nacional.
- Si bien es cierto que la “Estrategia Intersecretarial” pone como uno de sus ejes contribuir al Desarrollo Sustentable de los territorios rurales, lo anterior se basaría en el supuesto de que la venta de cultivos (en un mercado en auge) para uso energético supondría un aumento en los ingresos de los productores agrícolas, lo anterior supone que al tener mayor ingreso adquirirán mayores alimentos (y de mejor calidad); pero esta visión omite el problema de la productividad y la competencia; esta visión también omite los altos grados de pobreza actuales.
- La experiencia de otros países ha mostrado que más que contribuir al Desarrollo Sustentable y mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores agrícolas, la producción de agrocombustibles ha provocado el desplazamiento de muchos agricultores así como el despojo de sus tierras por parte de las grandes compañías transnacionales que

son quienes realmente manejan la producción, por otro lado si bien es cierto que se generan algunos empleos, esto se traduce en el aumento de trabajadores asalariados, los cuáles no son bien remunerados y trabajan en condiciones que en ocasiones llegan al grado de la esclavitud (Ejemplo la producción de caña de azúcar en Brasil; en cuanto a este punto existen varios documentos que reflejan esta situación).

- Otro de los impactos negativos de la producción de agrocombustibles es que fomenta la aparición de los monocultivos entendiendo estos como el manejo del factor fundamental de la producción en el campo (tierra) en manos de unos pocos productores esto acompañado de sus respectivas consecuencias: mala distribución del ingreso, aumento del desempleo rural, menor necesidad de mano de obra vs maquinaria y dependencia hacia un solo cultivo en zonas locales.
- La Estabilidad es la única dimensión que parece viable para el desarrollo de la producción de agrocombustibles, aun en escenarios de la productividad nacional media actual, la cual es posible incrementar, del nivel actual (2.82 toneladas de maíz por ha), estudios de la FAO demuestran que la productividad puede inclusive llegar a ser mayor a 6 toneladas de maíz por ha para el caso específico de México.
- La utilización es la dimensión más discutida actualmente y en la cuál no se han logrado consensos entre economistas y científicos, los estudios actuales muestran un balance neto de energía positivo para el maíz (valores mayores a 1 y menores a 2), aunque hay quienes proponen añadir la medición de más parámetros en dichos estudios (como por ejemplo el cambio indirecto del uso de la tierra).
- Por lo tanto no recomiendo la producción de agrocombustibles con base en maíz e incluso antes de proponer otra fuente de energía, se debería estudiar la viabilidad de otros cultivos (por ejemplo la caña de azúcar) más detenidamente, sobre todo en las consecuencias que la producción de estos tendrá en el ámbito rural. En la actualidad la dimensión social es la más frágil en el país y una mala toma de decisiones puede agravar su estado actual.
- Otro de los grandes problemas que enfrenta nuestro país es la corrupción existente en los diferentes niveles de gobierno al grado de la ya internacionalizada famosa “mordida mexicana”. De acuerdo a lo publicado en el mes de febrero de este año en la revista Proceso (Proceso 1736), algunos productores nacionales se quejan de que las primeras licitaciones para comprar etanol por parte de Pemex se han dado bajo irregularidades,

estos productores se quejan de darles preferencia a empresas extranjeras, principalmente las brasileñas; dichas licitaciones, afirman contienen condiciones inviables. Misteriosamente los únicos que lograron cumplir con los requerimientos solicitados por Pemex son empresas cuyos dueños han estado envueltos en violaciones a la ley por contaminación y venta de tequila adulterado.

- En última instancia son más recomendables los llamados biocombustibles de segunda generación y tercera generación, los cuáles su principal ventaja es que se obtienen de materias primas que no tienen usos alimentarios. En los últimos dos años han tenido gran avance en investigación este tipo de biocombustibles en los cuáles aun hay grandes áreas de oportunidad para varios países incluyendo a México. Algunos ejemplos importantes de este tipo de biocombustibles son por ejemplo la producción de biocombustibles con algas marinas, las cuáles eliminan el problema de disponibilidad de tierras ya que se producen en estanques ó los estudios que plantean la producción de etanol con las mazorcas, las cuáles después de la cosecha del maíz, generalmente son consideradas como desperdicio (0.4 ha = 5500 libras de rastrojos de materia seca como mazorca = 180 galones de etanol). Esta producción tal vez no cubre los requerimientos necesarios de consumo, pero se estaría aprovechando una materia prima que en el momento actual se desperdicia.

**ANEXO 1:**  
**ANEXO ESTADÍSTICO.**

<b>Cuadro 1: Producción Mundial de Petróleo Crudo por Región 1999 - 2008 (1000 b/d)</b>					
Región/Año	1999	2000	2001	2002	2003
Norte América	7227.1	7213.1	7178.8	7191.3	7140.1
América Latina	9122.9	9316.5	9327.4	9474.5	9549.4
Europa Oriental	7221.8	7630.6	8249.6	9040	9960.9
Europa Occidental	6150.3	6287.5	6033.6	5951.6	5628.2
Medio Oriente	20283.2	21410.4	20776.6	18618.3	20408.5
África	6284	6745.6	6613.3	6429.2	7246.4
Asia - Pacífico	7106.6	7253.2	7207.6	7275.9	7287.7
<b>Total Mundial</b>	<b>63395.9</b>	<b>65856.9</b>	<b>65386.9</b>	<b>63980.8</b>	<b>67221.2</b>
<i>OPEP</i>	<i>27311.2</i>	<i>28873.3</i>	<i>28008.3</i>	<i>25595.3</i>	<i>28187.9</i>
<i>% OPEP</i>	<i>43.08</i>	<i>43.84</i>	<i>42.83</i>	<i>40.00</i>	<i>41.93</i>

<b>Cuadro 1: Producción Mundial de Petróleo Crudo por Región 1999 - 2008 (1000 b/d)</b>					
Región/Año	2004	2005	2006	2007	2008
Norte América	6823.9	6538.3	6447.8	6489.5	6303.5
América Latina	9961.8	10130.3	10077.8	9795.6	9811.1
Europa Oriental	10745.7	11083.2	11532.4	11996.7	12028.9
Europa Occidental	5374.9	4905.1	4501.5	4319.9	4037.9
Medio Oriente	21981.5	22722	22900.8	22362	23125.5
África	8276.9	8815.7	8958.4	9103.7	9323.7
Asia - Pacífico	7347.1	7445.9	7310.7	7319.5	7397.7
<b>Total Mundial</b>	<b>70511.8</b>	<b>71640.5</b>	<b>71729.4</b>	<b>71386.9</b>	<b>72028.3</b>
<i>OPEP</i>	<i>31076.8</i>	<i>32305.7</i>	<i>32448.6</i>	<i>31928.6</i>	<i>33093</i>
<i>% OPEP</i>	<i>44.07</i>	<i>45.09</i>	<i>45.24</i>	<i>44.73</i>	<i>45.94</i>

Fuente: OPEC. "Annual Statistical Bulletin 2008" Austria, 2009.

<b>Cuadro 2: Exportaciones Mundiales de Petróleo Crudo por Región 1999 - 2008 (1000 b/d)</b>					
Región/Año	1999	2000	2001	2002	2003
Norte América	1168	1231.3	1168	1174.5	1251.7
América Latina	4774.5	4906.1	4817.3	4477.7	4523.1
Europa Oriental	3440.9	4144.9	4593.9	3970.5	4626.2
Europa Occidental	4680.7	4990.9	4883	4822.8	4502
Medio Oriente	15152.5	16087.6	15231.9	13799.6	14591.4
África	4893.8	5209	5098	5127.2	5763.3
Asia - Pacífico	2188.3	2230.1	2275.4	2332.6	2095.1
<b>Total Mundial</b>	<b>36298.7</b>	<b>38799.9</b>	<b>38067.5</b>	<b>35704.9</b>	<b>37352.8</b>
<i>OPEP</i>	<i>20380.9</i>	<i>21527.1</i>	<i>20490.5</i>	<i>18845.1</i>	<i>20228.4</i>
<i>% OPEP</i>	<i>56.15</i>	<i>55.48</i>	<i>53.83</i>	<i>52.78</i>	<i>54.15</i>

<b>Cuadro 2: Exportaciones Mundiales de Petróleo Crudo por Región 1999 - 2008 (1000 b/d)</b>					
Región/Año	2004	2005	2006	2007	2008
Región/Año	2004	2005	2006	2007	2008
Norte América	1375.9	1378.2	1393.4	1422.1	1554.1
América Latina	4605.7	4739.1	4900.2	4727.2	4378.8
Europa Oriental	4827	5344.4	5542.7	5878.7	5658.2
Europa Occidental	4354.8	3740.1	3443.2	3222.2	2785.6
Medio Oriente	16370	16896.9	16893.7	16776.1	17439.3
África	6380.3	6481.5	6582.9	6883.2	6343.9
Asia - Pacífico	2005.8	1961.1	1876.6	1923	1954.6
<b>Total Mundial</b>	<b>39919.5</b>	<b>40541.3</b>	<b>40632.7</b>	<b>40832.5</b>	<b>40114.5</b>
<i>OPEP</i>	<i>22903.9</i>	<i>23690.3</i>	<i>23866.8</i>	<i>24352.2</i>	<i>24189.9</i>
<i>% OPEP</i>	<i>57.38</i>	<i>58.43</i>	<i>58.74</i>	<i>59.64</i>	<i>60.30</i>

Fuente: OPEC. "Annual Statistical Bulletin 2008" Austria, 2009.

<b>Cuadro 3: Exportaciones Mundiales de Productos Refinados por Región 1999 - 2008 (1000 b/d)</b>					
Región/Año	1999	2000	2001	2002	2003
Región/Año	1999	2000	2001	2002	2003
Norte América	1310.8	1486.4	1423.9	1330.8	1370.4
América Latina	2148.9	2117	2245.2	2075.8	1942.4
Europa Oriental	1089.5	1272.3	1456.2	1800.7	1879.1
Europa Occidental	4597	4836	4761.5	4503	4738.3
Medio Oriente	3292	3114.4	2899.1	2835.8	3051.7
África	1132.6	1164.3	1205.3	1168.5	1083.4
Asia - Pacífico	2786.4	2898.6	3030.6	2912.2	3149.7
<b>Total Mundial</b>	<b>16357.2</b>	<b>16889</b>	<b>17021.8</b>	<b>16626.8</b>	<b>17215</b>
<i>OPEP</i>	<i>4801.5</i>	<i>4597.1</i>	<i>4393.5</i>	<i>4094.3</i>	<i>4092.9</i>
<i>% OPEP</i>	<i>29.35</i>	<i>27.22</i>	<i>25.81</i>	<i>24.62</i>	<i>23.78</i>

<b>Cuadro 3: Exportaciones Mundiales de Productos Refinados por Región 1999 - 2008 (1000 b/d)</b>					
Región/Año	2004	2005	2006	2007	2008
Región/Año	2004	2005	2006	2007	2008
Norte América	1360.6	1474.9	1633.3	1673	2086.3
América Latina	2013.8	2060	2129.8	2199.4	2410.3
Europa Oriental	2098.2	2076.1	2113.5	2015.4	1455
Europa Occidental	5236.5	5586.9	5781.5	5679.5	5679.3
Medio Oriente	3220.6	3375.8	3450.8	3199.3	2905.2
África	1032.8	1019.7	1025.8	1077	1020.5
Asia - Pacífico	3487.5	3673.4	3910.3	4262.9	5113.5
<b>Total Mundial</b>	<b>18450</b>	<b>19266.8</b>	<b>20045</b>	<b>20106.5</b>	<b>20670.1</b>
<i>OPEP</i>	<i>4291</i>	<i>4449.7</i>	<i>4620.2</i>	<i>4328.9</i>	<i>4426.7</i>
<i>% OPEP</i>	<i>23.26</i>	<i>23.10</i>	<i>23.05</i>	<i>21.53</i>	<i>21.42</i>

Fuente: OPEC. "Annual Statistical Bulletin 2008" Austria, 2009.



<b>Cuadro 4: Destino de las Exportaciones de Petróleo Crudo OPEP 2000 - 2008 (1000 b/d)</b>					
Región/Año	2000	2001	2002	2003	2004
Norte América	5272.6	5430.2	4772.4	4659.3	5768.3
Estados Unidos	4962	5081.5	4374.4	4272.8	5262.7
América Latina	1002.1	980.7	845.5	857.4	966.5
Europa Oriental	205.1	152.7	126.5	153.9	163.2
Europa Occidental	5185.2	4456.1	4074.5	4142.7	4690.2
Francia	839.9	788.8	711.6	753.6	825.7
Alemania	499.7	419	376.1	367.6	430.9
Italia	1212.2	1027.4	1033.5	1033.8	1144
Reino Unido	76.2	83.5	127.6	112.4	128.4
Medio Oriente	272.10	271.20	238.90	236.00	338.60
África	621.8	549	491	648.9	704.7
Asia - Pacífico	8333.6	8104.8	7909.2	8827.9	9582.1
Japón	3542.5	2991.6	3830.9	3708.5	4307
<b>Total Mundial</b>	<b>21527.10</b>	<b>20490.5</b>	<b>18845.1</b>	<b>20228.4</b>	<b>22903.9</b>

<b>Cuadro 4: Destino de las Exportaciones de Petróleo Crudo OPEP 2000 - 2008 (1000 b/d)</b>				
Región/Año	2005	2006	2007	2008
Norte América	5598.3	6140.9	6711.5	5940
Estados Unidos	5026.9	5727.4	6299.8	5370.8
América Latina	1034.6	913.1	913.4	1054.3
Europa Oriental	29.6	6.2	91.3	110.5
Europa Occidental	5089.4	4838.6	4483.2	4708.7
Francia	692.3	812.1	620.4	813.2
Alemania	425	460	375.5	411.2
Italia	1230.3	1165	986.5	1093.3
Reino Unido	108.1	99.3	109.8	191.2
Medio Oriente	558.20	299.90	336.60	304.40
África	675.1	486.6	454.2	459.6
Asia - Pacífico	10256.8	10688.6	10947.8	11401.6
Japón	5932.6	5790.1	5168.5	3787.4
<b>Total Mundial</b>	<b>23690.3</b>	<b>23866.8</b>	<b>24352.2</b>	<b>24189.9</b>

Fuente: OPEC. "Annual Statistical Bulletin 2008" Austria, 2009.

<b>Cuadro 5: Consumo Mundial de Productos Refinados por País 2004 - 2008 (1000 b/d)</b>					
País/Año	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Norte América</b>	<b>22338.8</b>	<b>22444.5</b>	<b>22297.7</b>	<b>22362.1</b>	<b>21227.3</b>
Canadá	2255.9	2287.1	2243.2	2308.6	2271.5
Estados Unidos	20080.3	20154.7	20051.8	20050.8	18953.2
Otros	2.6	2.7	2.7	2.7	2.6
<b>América Latina</b>	<b>6527.6</b>	<b>6689.5</b>	<b>6893.1</b>	<b>7161.2</b>	<b>7351.1</b>
Argentina	453.3	461.9	501.3	550.1	565.4
Brasil	2075.8	2120	2167.4	2254.5	2374.2
Colombia	230.9	226	236.4	247.2	250.3
Ecuador	144.7	153.4	164.2	174.5	181.3
México	1934	2003.8	2013.5	2053.2	2038.7
Venezuela	489.1	520.6	569.6	604.2	637.9
Otros	1199.8	1203.8	1240.7	1277.5	1303.3
<b>Europa Oriental</b>	<b>4760</b>	<b>4904.4</b>	<b>5114.4</b>	<b>5220.7</b>	<b>5313.1</b>
República Checa	200.3	207.1	207.1	206.1	210
Eslovaquia	80.8	84	86.2	94.8	97
Rumania	216.6	219.8	225.8	234.2	235.2
Antigua URSS	3555.8	3643.7	3802.1	3864.8	3939.4
Otros	706.5	749.8	793.2	820.8	831.5
<b>Europa Occidental</b>	<b>14546</b>	<b>14588</b>	<b>14572.4</b>	<b>14223.5</b>	<b>14115.1</b>
Francia	1877.5	1860.6	1854.1	1828.8	1834.4
Alemania	2603.9	2586.3	2631.2	2404.6	2501.3
Italia	1725.8	1688.2	1677.7	1642.1	1601.7
Holanda	603.8	650.3	636.9	629.9	624.8
España	1381.5	1413.2	1397.4	1421.1	1373.6
Reino Unido	1530.7	1572.8	1554.8	1496.4	1460.4
Otros	4822.8	4816.6	4820.3	4800.6	4718.9

<b>Cuadro 5: Consumo Mundial de Productos Refinados por País 2004 - 2008 (1000 b/d)</b>					
País/Año	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Medio Oriente</b>	<b>4373.8</b>	<b>4625.8</b>	<b>4874.4</b>	<b>5098.5</b>	<b>5380.2</b>
Irán	1374.8	1479.2	1598.6	1680.1	1776.1
Iraq	504	536.9	563.7	567.5	589.3
Kuwait	230.8	248.7	241.3	251.8	263.8
Qatar	68.9	73.2	95.6	107.6	115.9
Arabia Saudita	1137.9	1175.2	1258.3	1345.3	1440.3
Siria	235.5	264	270.1	276.7	286.1
Emiratos Árabes	194.1	204.3	213.9	224.1	233.3
Otros	627.8	644.3	632.9	645.4	675.4
<b>África</b>	<b>2127.5</b>	<b>2227</b>	<b>2256.2</b>	<b>2318.6</b>	<b>2445.6</b>
Algeria	232.9	245.9	255.2	277.6	299.6
Angola	49.6	52.5	57.4	59.1	62.3
Egipto	566.7	599.6	617.9	634.7	654.9
Libia	231.2	229.5	228.7	231.9	251.5
Nigeria	241.6	257.5	232.3	211.9	235.3
Tunisia	82.8	84.2	81.2	82.5	82.5
Otros	722.7	757.8	783.5	820.9	859.5
<b>Asia - Pacífico</b>	<b>21916.4</b>	<b>22294.4</b>	<b>22675.8</b>	<b>23189.7</b>	<b>23393.8</b>
Australia	827.2	856.5	868.4	884	895
China	6179.7	6341.7	6755.9	7170.2	7554.3
India	2472.3	2475.4	2533.7	2665.9	2793.7
Indonesia	1143.7	1139.9	1061.3	1047.9	1054.1
Japón	5242.7	5248.6	5124.4	4936.1	4675.8
Nueva Zelanda	131.1	133.6	135.4	136.2	132.8
Corea del Sur	2151.2	2187.1	2176.1	2210.1	2149.2
Tailandia	751.6	761.9	773.9	769.5	753.4
Otros	3016.9	3149.7	3246.7	3369.8	3385.5
<b>Total Mundial</b>	<b>76590.1</b>	<b>77773.6</b>	<b>78684</b>	<b>79574.3</b>	<b>79226.2</b>

Fuente: OPEC. "Annual Statistical Bulletin 2008" Austria, 2009.

<b>Cuadro 6: Reservas Mundiales de Petróleo Crudo por País 2004 - 2008 (m b)</b>					
País/Año	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Norte América</b>	<b>26243</b>	<b>26579</b>	<b>26699</b>	<b>25872</b>	<b>26217</b>
Canadá	4352	5208	4942	4900	4900
Estados Unidos	21891	21371	21757	20972	21317
<b>América Latina</b>	<b>118978</b>	<b>118455</b>	<b>124253</b>	<b>137397</b>	<b>210507</b>
Argentina	2478	2320	2468	2587	2616
Brasil	11243	11772	12182	12624	12624
Colombia	1478	1453	1506	1510	1510
Ecuador	5180	5180	5180	6368	6511
México	14803	13670	12850	12187	12187
Venezuela	79729	80012	87324	99377	172323
Otros	4067	4048	2743	2744	2736
<b>Europa Oriental</b>	<b>126095</b>	<b>127266</b>	<b>128852</b>	<b>128979</b>	<b>128979</b>
Antigua URSS	125224	126372	128020	128146	128146
Otros	871	894	832	833	833
<b>Europa Occidental</b>	<b>17174</b>	<b>16952</b>	<b>15369</b>	<b>14913</b>	<b>14805</b>
Dinamarca	1327	1277	1157	1113	1113
Noruega	9722	9697	8548	8172	8172
Reino Unido	3998	3870	3593	3593	3593
Otros	2127	2108	2071	2035	1927
<b>Medio Oriente</b>	<b>750427</b>	<b>753695</b>	<b>756622</b>	<b>752626</b>	<b>754266</b>
Irán	132460	136270	138400	136150	137620
Iraq	115000	115000	115000	115000	115000
Kuwait	101500	101500	101500	101500	101500
Oman	5572	5572	5572	5572	5572
Qatar	25494	25288	26185	25090	25405
Arabia Saudita	264310	264211	264251	264209	264063

<b>Cuadro 6: Reservas Mundiales de Petróleo Crudo por País 2004 - 2008 (m b)</b>					
País/Año	2004	2005	2006	2007	2008
Siria	3159	3000	3000	2500	2500
Emiratos Árabes	97800	97800	97800	97800	97800
Otros	3128	3049	2908	2798	2798
<b>África</b>	<b>113183</b>	<b>117372</b>	<b>118794</b>	<b>121348</b>	<b>122041</b>
Algeria	11350	12270	12200	12200	12200
Angola	9035	9050	9330	9500	9500
Egipto	3620	3720	3720	4070	4070
Gabón	2190	2146	1995	1995	1995
Libia	39126	41464	41464	43663	44271
Nigeria	35876	36220	37200	37200	37200
Sudan	6405	6402	6615	6700	6700
Otros	5581	6100	6270	6020	6105
<b>Asia - Pacífico</b>	<b>40243</b>	<b>40641</b>	<b>40964</b>	<b>40223</b>	<b>40278</b>
Australia	4057	4158	4158	4158	4158
Brunei	1120	1105	1200	1200	1200
China	15528	15587	15615	15493	15493
India	5565	5919	5693	5459	5459
Indonesia	4301	4188	4370	3990	3990
Malasia	5160	5252	5357	5357	5357
Vietnam	3084	3119	3250	3410	3410
Otros	1428	1313	1321	1156	1211

Fuente: OPEC. "Annual Statistical Bulletin 2008" Austria, 2009.

<b>Cuadro 7: Producción de etanol por país (Millones de galones)</b>						
<b>País/Año</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Estados Unidos	3535	4264	4855	6498.6	9000	10750
Brasil	3989	4227	4491	5019.2	6472.2	6577.89
Rusia	198	198	171	ND	ND	ND
China	964	1004	1017	486	501.9	486
Canadá	61	61	153	211.3	237.7	211.3
Francia	219	240	251	ND	ND	ND
Tailandia	74	79	93	79.2	89.8	79.2
Colombia	ND	ND	ND	74.9	79.29	83.21
India	462	449	502	52.8	66	91.67
Australia	33	33	39	26.4	26.4	56.8
Turquía	ND	ND	ND	15.8	ND	ND
Pakistán	26	24	24	9.2	ND	ND
Perú	ND	ND	ND	7.9	ND	ND
Argentina	42	44	45	5.2	ND	ND
Paraguay	ND	ND	ND	4.7	ND	ND
Arabia Saudita	79	32	52	ND	ND	ND
España	79	93	122	ND	ND	ND
Alemania	71	114	202	ND	ND	ND
Ucrania	66	65	71	ND	ND	ND
Polonia	53	58	66	ND	ND	ND
Indonesia	44	45	45	ND	ND	ND
Italia	40	40	43	ND	ND	ND
Japón	31	30	30	ND	ND	ND
Reino Unido	106	92	74	ND	ND	ND
Suecia	26	29	30	ND	ND	ND
Filipinas	22	22	22	ND	ND	ND

<b>Cuadro 7: Producción de etanol por país (Millones de galones)</b>						
País/Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Corea del Sur	22	17	16	ND	ND	ND
Guatemala	17	17	21	ND	ND	ND
Cuba	16	12	12	ND	ND	ND
Ecuador	12	14	12	ND	ND	ND
México	9	12	13	ND	ND	ND
Nicaragua	8	7	8	ND	ND	ND
Mauritius	6	3	2	ND	ND	ND
Zimbabwe	6	5	7	ND	ND	ND
Kenia	3	4	5	ND	ND	ND
Swazilandia	3	3	5	ND	ND	ND
Centroamérica	ND	ND	ND	39.6	ND	ND
Unión Europea	ND	ND	ND	570.3	733.6	1039.52
Sudáfrica	110	103	102	ND	ND	ND
Otros	338	710	270	ND	128.4	ND
Total	12774	14155	14877	15108.1	19343.29	21384.59

ND = No disponible

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association

<http://web.archive.org/web/20080408091334/http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>

<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>

<b>Cuadro 8: Demanda de Etanol en Estados Unidos</b>							
<b>(Millones de galones).</b>							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Producción	2130	2800	3400	3904	4855	6500	9000
Importaciones	46	61	161	135	653.3	450	556
Exportaciones	0	0	0	7.99	0	0	0
Variación	-91	39	-31	17.89	-130.9	-103.4	80.9
Demanda	2085	2900	3530	4048.9	5377.4	6846.6	9636.9

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association

<http://web.archive.org/web/20080408091334/http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>

<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>

<b>Cuadro 9: Origen de las Importaciones de Etanol en Estados Unidos por país</b>						
<b>(Millones de galones)</b>						
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Brasil	0	0	90.3	31.2	433.7	188.8
Costa Rica	12	14.7	25.4	33.4	35.9	39.3
El Salvador	4.5	6.9	5.7	23.7	38.5	73.3
Jamaica	29	39.3	36.6	36.3	66.8	75.2
Trinidad y Tobago	0	0	0	10	24.8	42.7
Canadá	0	0	0	0	0	5.4
China	0	0	0	0	0	4.5
<b>Total</b>	<b>45.5</b>	<b>60.9</b>	<b>158</b>	<b>134.6</b>	<b>599.7</b>	<b>419.3</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association

<http://web.archive.org/web/20080408091334/http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>  
<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>

<b>Cuadro 10: Consumo de Etanol y Biodiesel en la Unión Europea</b>		
<b>En TOE 2005</b>		
País	Bioetanol	Biodiesel
Alemania	144640	1548000
Francia	74900	344200
Italia	5071	172000
Suecia	144509	8366
España	112960	23194
Reino Unido	43139	25088
Polonia	28302	13065
Otros	3767	111180
<b>Total</b>	<b>557288</b>	<b>2245093</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Observatoire Des Energies Renouvelables

[http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/observ/baro179\\_b.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro179_b.pdf)

<b>Cuadro 11: Base de datos para el cálculo de indicadores del Biograma</b>				
Año / Variable	Otep (Mbep)	Oter (Mbep)	Población (Miles)	Emisiones CO2 (Mt)
2002	933714.0311	126586.8265	102042	377.39
2003	978172.9326	120253.258	103165	377.39
2004	1000864.98	127607.4839	104251	377.39
2005	1161734.742	135712.6846	105330	404.15
2006	1169915.719	137898.6021	105451.631	404.15
2007	1200161.69	132984.9203	106352.864	429.74
2008	1218902.143	150638.3715	107229.677	437.92
2009	1116676.509	135759.3986	108083.452	409.18



<b>Cuadro 11: Base de datos para el calculo de indicadores del Biograma</b>				
Año / Variable	CFT (Mbep)	OEPP (Mbep)	PIB Miles de pesos (1993=100)	PIB (2003 = 100)
2002	6666.014314	470330.1294	1,485,366,000	7455359000
2003	6748.449478	499462.791	1,505,378,000	7555804000
2004	7320.030836	514183.817	1,568,236,000	7857720000
2005	7264.544071	535009.7605	1,612,178,000	8103680000
2006	7486.069238	514147.749	1,689,707,000	8501258000
2007	7992.182268	510654.6158	1,745,303,000	8809891000
2008	8439.95453	531635.2545	1,768,865,000	8929455000
2009	7565.084233	520990.3713	1,657,504,809	8345649000

<b>Cuadro 11: Base de datos para el calculo de indicadores del Biograma</b>			
Año / Variable	BCC Miles \$	DEA Miles USD	DEA Miles \$
2002	-136879703.9	161441900	1561143173
2003	-78327558.91	161850700	1746369053
2004	-59118361.02	162985300	1840104037
2005	-53047088.13	172895700	1882834173
2006	-52053191.98	173279125	1888742463
2007	-94655661.38	184784925	2019699230
2008	-180176352.6	205467900	2288912406
2009	-74308903.2	180242000	2433267000

Elaboración propia en base a las siguientes fuentes:

SENER "Balance nacional de Energía" 2003, 2004, 2006, 2008

INEGI "Banco de Información Económica", "Censo de Población y Vivienda 2005"

FAO Sistema de Información Estadística / Faostat/PobStat (2000 - 2005) y Proyecciones de 2008

AIE "Key World Energy Statistics 2009"

OLADE "Energy Statistics Report 2007"

FES "Mapeo Regional de Energía y Clima en América latina"

BANXICO.

<http://www.banxico.org.mx/estadisticas/>

<http://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarSeries>

OPEP = Oferta Total de Energía primaria

OTER = Oferta Total de Energía Renovable

CFT = Consumo Final Total

OEPP = Oferta de Energía Primaria de Petróleo

BCC = Balanza de pagos de México Cuenta Corriente

TC = Tipo de cambio

DEA= Deuda Externa Total Ajustada

<b>Cuadro 12: Indicadores Biograma</b>					
Indicador/Año	IR	IRC	IDP	ICC	PIB pc (1993)
2002	13.56	1.24	371.55	5.66	14556.42
2003	12.29	1.17	415.34	5.59	14591.94
2004	12.75	1.22	402.94	5.16	15042.89
2005	11.68	1.29	394.22	5.56	15305.97
2006	11.79	1.31	372.84	5.4	16023.53
2007	11.08	1.25	383.99	5.38	16410.49
2008	12.36	1.4	352.92	5.19	16496.04
2009	12.16	1.26	383.76	5.41	15335.42

<b>Cuadro 12 Indicadores Biograma</b>					
Indicador/Año	PIB pc 2003 \$	BCC % PIB	DEA % PIB	INPC Anual	IED Miles USD
2002	73061.67	-1.84	20.94	3.0552	23636243.5
2003	73239.99	-1.04	23.11	2.9428	16578612.5
2004	75373.09	-0.75	23.42	2.964	23810512
2005	76936.11	-0.65	23.23	2.4702	22351480.2
2006	80617.61	-0.61	22.22	2.7378	19946344.3
2007	82836.42	-1.07	22.93	2.9911	27440187.2
2008	83274.1	-2.02	25.63	4.1072	23682505.8
2009	77214.86	-0.89	29.16	3.1981	12522257.7

<b>Cuadro 12 Indicadores Biograma</b>				
Indicador/Año	Desempleo	Pobreza	FTF (%)	EV
2002	2.7	39.4	43	74.3
2003	3.25	39.4	43	74.5
2004	3.75	37	43	74.6
2005	3.9	37	44	74.8
2006	3.9	35.5	44	75
2007	3.7	31.7	48	75.1
2008	3.98	34.8	45	75.3
2009	5.45	34.8	45	75.4

Elaboración propia en base a los datos presentados en el cuadro 11

Para los indicadores de desempleo:

Tasa de desocupación abierta tomados de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) INEGI, BIE (2002-2005)

Tasa de desocupación abierta en áreas urbanas de Banxico, 2007 a 2009

Pobreza: Panorama social de América Latina 2009 en CEPAL Magnitud de la pobreza / Población bajo la línea de pobreza Total país en porcentajes

[http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=125&Itemid=203](http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=203)

Año / Variable	Producción	Exportaciones	Importaciones	Suministro	Déficit
	(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)
2002	19298	225	5608	24680	5382
2003	20701	87	5852	26466	5765
2004	21670	111	5611	28170	6500
2005	19339	320	5845	25863	6524
2006	21893	262	7717	29349	7456
2007	23513	362	8044	29195	5682
2008	24538	488	8698	30272	5734
2009	25608	658	9405	31389	5781

Año / Variable	Consumo (1000 ton)		OEA	RMP	IOEAPC
	Pienso	Alimentación	Kcal/persona/día	2200 Kcal/persona/día	
2002	8539	13001	1081	2200	0.49136364
2003	10140	12985	1067	2200	0.485
2004	9417	13045	1061	2200	0.48227273
2005	8452	12819	1032	2200	0.46909091
2006	10494	13140	1047	2200	0.47590909
2007	10349	13214	1043	2200	0.47409091
2008	10607	14512	1036	2200	0.47090909
2009	10999	15048	1029	2200	0.46772727

Fuente: Elaboración propia en base a: FAO, FAOSTAT

FEDEAGRO: <http://www.fedeagro.org/preciointer/preciomes.asp>

OEA = Oferta de Energía Alimentaria

RMP = Requerimiento Mínimo per cápita

Año / Variable	Incidencia de la pobreza Nacional			Pobreza Rural		
	(% de personas)					
	Alimentaria	Capacidades	Patrimonio	Alimentaria	Capacidades	Patrimonio
2002	20	26.9	50	34	42.6	64.3
2003	20	26.9	50	34	42.6	64.3
2004	17.4	24.7	47.2	28	36.2	57.4
2005	18.2	24.7	47	32.3	39.8	61.8
2006	13.8	20.7	42.6	24.5	32.7	54.7

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CONEVAL.

<b>Cuadro 15: Pobreza por Ingresos (alimentaria) (% de personas)</b>						
Año / estado	Chiapas	Chihuahua	Guanajuato	Guerrero	Jalisco	México
2002	53.3	9.5	26.7	50.8	13.8	17.6
2003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2005	ND	ND	18.9	ND	ND	ND
2006	47	8.6	15.5	42	10.9	14.3
2007	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2008	ND	ND	17.4	ND	13.1	14.9

<b>Cuadro 15: Pobreza por Ingresos (alimentaria) (% de personas)</b>					
Año / estado	Michoacán	Puebla	Sinaloa	Tamaulipas	Veracruz
2002	31.6	40.3	17.3	12.1	37.8
2003	ND	ND	ND	ND	ND
2004	ND	ND	ND	ND	ND
2005	ND	ND	ND	ND	28
2006	23.3	26.7	13.7	10.3	20.3
2007	ND	ND	ND	ND	ND
2008	ND	ND	ND	ND	ND

Elaboración propia en base a datos del CONEVAL.

<b>Cuadro 16: Precios del Petróleo Crudo 2000 - 2008</b>				
(Dólares por barril)				
Año	WTI	Brent	Dubai	Petróleo X
2000	30	28.5	26.2	31
2001	26	24.44	22.81	22.63
2002	26	25.02	23.74	25.75
2003	31	28.83	26.78	28.99
2004	41	38.27	33.64	35.39
2005	56	54.52	49.35	47.09
2006	66	65.14	61.5	56.65
2007	72	72.39	68.19	64.01
2008	100	97.26	94.34	84.35
2009	ND	ND	ND	70

Fuente: Elaboración propia en base a datos de PEMEX y BP

<b>CUADRO 17: PRECIOS DE LOS INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN DE ESTABILIDAD.</b>						
Variable	G Premium	G Magna	M Amarillo	M Blanco	Maíz nacional	Etanol inter
Año	Pesos por litro		Dólares por tonelada			Dólares por galón
2005	7.31	6.47	115	125	1408	ND
2006	7.92	6.74	138	151	1163	1.8
2007	8.35	7.01	187	227	1285.5	1.68
2008	9.18	7.7	251	262	ND	1.76
2009	9.57	7.77	192	207	ND	1.48
2010	9.9	8.36	190	194	ND	1.36
2011				4.8		1.29
2012						1.34
2013						1.37
2014						1.45

Fuente: Elaboración propia en base a datos de: PEMEX, SAGARPA, FEDEAGRO Y FAPRI.

<http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=16&catID=12155>

<http://www.fedeagro.org/preciointer/preciomes.asp>

<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documents/Monitor%20estados2/MonitorMa%C3%ADzPrAgo232010.pdf>

<http://www.fapri.missouri.edu/outreach/publications/2009/OutlookPub2009.pdf>

**ANEXO 2:**  
**ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS, SIGLAS Y**  
**PATRONES DE CONVERSIÓN.**

## ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS.

### ORGANISMOS NACIONALES E INTERNACIONALES

**AAPG:** American Association of Petroleum Geologists.

**AIE:** Agencia Internacional de Energía.

**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo.

**BP:** British Petroleum.

**BANXICO:** Banco de México.

**BIE:** Banco de Información Económica (INEGI).

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

**CIEMAT:** Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.

**CLAES:** Centro Latino Americano de Ecología Social.

**CNPC:** China National Petroleum Corporation.

**CONAPO:** Consejo Nacional de Población.

**CONEVAL:** Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

**FAPRI:** Food and Agricultural Policy Research Institute.

**FEDEAGRO:** Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios.

**FES:** Friedrich Ebert Stiftung.

**FOEE:** Friends of the Earth Europe

**GINGA:** Ginga Petroleum.

**GTZ:** Agencia de Cooperación Técnica Alemana.

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**IDAE:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.

**IICA:** Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

**NYMEX:** Mercado Mercantil de Nueva York.

**OBSERV'ER:** Observatoire Des Energies Renouvelables.

**OLADE:** Organización Latinoamericana de Energía.

**OPEP:** Organización de Países Exportadores de Petróleo.

**PEMEX:** Petróleos Mexicanos.

**PETROBRAS:** Petróleos de Brasil.

**PDVSA:** Petróleos de Venezuela.

**RFA:** Renewable Fuels Association.

**SAGARPA:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

**SE:** Secretaría de Economía.

**SEC:** Securities and Exchange Commission.

**SEMARNAT:** Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**SHCP:** Secretaria de Hacienda y Crédito Público.

**SENER:** Secretaria de Energía.

**SIAP:** Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SAGARPA).

**SPE:** Society of Petroleum Engineers.

**WPC:** World Petroleum Council.

#### **ABREVIATURAS.**

**LPDB:** Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

**MDL:** Mecanismos de Desarrollo Limpio.

**PK:** Protocolo de Kioto.

**DS:** Desarrollo Sustentable.

**UA:** Unidad de Análisis.

**OTEP:** Oferta Total de Energía Primaria.

**IR:** Índice de Renovabilidad de la OTEP.

**IRC:** Índice de Renovabilidad per cápita.

**IDP:** Índice de Dominancia petrolera.

**ICC:** Índice de Consumo Contaminante.

**IOEAPC:** Índice de Oferta de Energía Alimentaria per cápita.

**PIB:** Producto Interno Bruto.

**BCC:** Balanza en Cuenta Corriente.

**DEA:** Deuda Externa.

**INPC:** Índice Nacional de Precios al Consumidor.

**IED:** Inversión Extranjera Directa.

**EV:** Expectativa de Vida.

**FTF:** Fuerza de Trabajo Femenina.

**S3:** Índice Integrado de Desarrollo Sostenible.



**CO2:** Dióxido de Carbono.

### UNIDADES DE MEDICIÓN.

**ha:** Hectárea.

**bep:** Barril equivalente de petróleo.

**b/d:** Barriles diarios.

**KBEP:** Toneladas equivalentes de petróleo.

**Kg:** Kilogramos.

**lt:** Litros.

**Mbep:** Miles de barriles equivalentes de petróleo.

**Mtoe** = Millones de toneladas de petróleo equivalente.

**Mt:** Miles de Toneladas.

**Pj:** Petajoules.

**ton:** Tonelada.

**TOE:** Toneladas Equivalentes de petróleo.

### EQUIVALENCIAS.

**1 mbep** = 165.449402 pj

**1 ton** = 1000 Kg.

**1 Pj** = 1015 Joules.

**1 litro de etanol** = 2.51 kg. de maíz. (Estimado).

**1 Bushel** = 25.2 kg. de maíz.

**1 galón** = 3.785 lt.

**1 Barril de petróleo** = 158.9873 lt.

**1 Tonelada métrica** = 1237.16 lt.

**1 TOE** = 0.13178 bep.

## CITAS TEXTUALES.

### CAPÍTULO 1:

- 1.- Furtado, Celso; "Teoría y política del desarrollo económico", Siglo XXI Editores, 13ª Ed., México 1987. p.88.
- 2.- IICA; "Metodología para estimar el nivel de Desarrollo Sostenible de los territorios rurales (El Biograma)", IICA, San José Costa Rica, Enero 2005, p.3.
- 3.- Quintero, Soto María Luisa; Otros; "Recursos naturales y Desarrollo Sustentable: Reflexiones en torno a su problemática", H. Cámara de Diputados LIX legislatura, UNAM; ENEP. Aragón, Porrúa, 1ª Ed. México 2004. p.23.
- 4.- Garcia, Leopoldo; Scherer, Colín; Bauer, Ephrussn Mariano (Coords) "Energía, Ambiente y Desarrollo Sustentable: El caso de México", El Colegio Nacional, UNAM, Programa Universitario de Energía, 1ª Ed. México, 1996. p.25.
- 5.- Ibídem. p.36.
- 6.- IICA, op. cit., p.3-4.
- 7.- Ibídem. p.9.
- 8.- Ibídem. p.10.
- 9.- Ídem.
- 10.- Ibídem p.12.
- 11.- Ídem.
- 12.- Ibídem. p.14.
- 13.- Ibídem. p.15.
- 14.- Ibídem. p.16.
- 15.- Ídem.
- 16.- Ibídem p.17
- 17.- Ídem.
- 18.- Ibídem p.18.
- 19.- Ibídem p.19.
- 20.- Ibídem p.25.
- 21.- Ibídem p.35.
- 22.- Ibídem p.42.

- 23.- Ibídem p.45.
- 24.- Ibídem p.26.
- 25.- IDAE; “Energía de la biomasa” IDAE, España, Enero 2007, p.6.
- 26.- FAO; “Proyecto Bioenergía y Seguridad Alimentaria” FAO, 2008. En.  
[http://www.fao.org/NR/ben/befs/es/index\\_es.html](http://www.fao.org/NR/ben/befs/es/index_es.html).
- 27.- CIEMAT; “Situación de la biomasa en el mundo, Europa y España” CIEMAT, Enero 2006. En.  
<http://www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/biomasa/001.htm>.
- 28.- CLAES; “Agrocombustibles en América Latina: Documento de estudio No.1” CLAES, Taller a distancia 2008, p.1-2.
29. – IDAE; op. cit., p.20.
30. – Ibídem; p.20-21.
31. – idem.
32. – idem.
33. – CIEMAT; op. cit., <http://www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/biomasa/001.htm>
- 34.- FAO; “Propuesta de terminología unificada UWET” FAO. En.  
[http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s05.htm#P257\\_19936](http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s05.htm#P257_19936).
- 35.- CLAES; op. cit., p.3.
- 36.- IICA; “Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles” IICA, San José, Costa Rica, 2007, p.3.
- 37.- CEPAL; “Aportes de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas”, CEPAL, Santiago de Chile, 2008 p. 10.
- 38.- FAO; op. cit., En. [http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s05.htm#P257\\_19936](http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s05.htm#P257_19936).
- 39.- IICA; op. cit., p.11.
40. – James, H. Otto; Albert, Towle; “Biología Moderna”, Mc Graw Hill, 11ª Ed., México 2006. p.63.
41. - Ibídem, p.34.

## **CAPÍTULO 2.**

- 1.- Noreng, Oystein “El poder del petróleo: La política y el mercado del crudo”, El Ateneo. 1ª Edición, Buenos Aires, Junio de 2003. p.22.
- 2.- Ídem.

- 3.- Giordano, Eduardo "Las guerras del petróleo: Geopolítica, Economía y Conflicto", Icaria. 2ª Edición, Barcelona, Abril de 2003. p.28.
- 4.-Jalife-Rahme, Alfredo "Los cinco precios del petróleo", Cadmo & Europa, 1ª Edición, Buenos Aires, 2006. p.33.
- 5.-José, Gil "Reservas y producción petrolera hacia su hora cero", Agosto 2007. En. [http://www.soberania.org/Articulos/articulo\\_3456.htm](http://www.soberania.org/Articulos/articulo_3456.htm)
- 6.-PEMEX "Las reservas de hidrocarburos de México 2009", Pemex, México, Enero 2009. p.4.
- 7.-Ibidem p.5.
- 8.-Ídem.
- 9.- Ibídem p.6.
- 10.- Ibídem p.5.
- 11.- Ibídem p.6.
- 12.- Ídem.
- 13.- Ibídem p.9.
- 14.- Ídem.
- 15.- Ibídem p.10.
- 16.- Ibídem p.7.
- 17.- Ibídem p.8.
- 18.- Ídem.
- 19.-Campodónico, Humberto "La gestión de la industria de hidrocarburos con predominio de empresas del Estado", CEPAL, Santiago de Chile, Marzo 2007. p.43.
- 20.-SENER "Prospectiva del Petróleo Crudo 2008 – 2017", Sener, México, 2008. p33.
- 21.- En <http://www.cambioclimaticoglobal.com/bases.html>
- 22.- En <http://www.cambioclimaticoglobal.com/efecto-invernadero.html>
- 23.- IPCC "Cambio climático 2007, Informe de Síntesis", IPCC, Ginebra Suiza, 2008. p.30.
- 24.- Honty, Gerardo "Ecología política del cambio climático", CLAES, Julio de 2000. En <http://www.ambiental.net/temasclave/TC13HontyCambioClima.htm>
- 25.- Ídem.
- 26.- IPCC; op. cit., p.30.
- 27.- Ibídem p.48.
- 28.-Ídem.
- 29.-Ídem.

- 30.-Ídem.
- 31.-Ídem.
- 32.-Ibídem p.52.
- 33.- Honty, Gerardo; op. cit. En.  
<http://www.ambiental.net/temasclave/TC13HontyCambioClima.htm>
- 34.-Ídem.
- 35.-Ídem.
- 36.-BID, CEPAL, “Cambio climático, una perspectiva regional” ONU, Santiago de Chile, Febrero 2010. p.8.
- 37.- Ídem.
- 38.-Ibídem. p.9.
- 39.-Ídem.
- 40.-Ídem.
- 41.- De Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Iniciativa de Ley a cargo del diputado Cruz López Aguilar.
- 42.- Bustelo Gómez, Pablo “China y la Geopolítica del petróleo en Asia – Pacífico” Real Instituto Elcano, Madrid, Septiembre 2005. En  
<http://www.realinstitutoelcano.org/documentos/213/BusteloPDF.pdf>
- 43.- Sangronis Padrón, Joel “El ajedrez mundial del petróleo (Chindia)”, Marzo 2009. En  
<http://alainet.org/active/30188&lang=es>
- 44.- José, Gil “El lado verde del petróleo”, Abril 2008. En.  
[http://www.soberania.org/Articulos/articulo\\_3989.htm](http://www.soberania.org/Articulos/articulo_3989.htm)
- 45.- Ibídem. En <http://alainet.org/active/30188&lang=es>
- 46.- Ídem.

### **CAPÍTULO 3.**

- 1.- Becerra Pérez, Luis Armando “La industria del etanol en México”, revista Economía, Facultad de Economía, UNAM vol. 6 núm 16.
- 2.- SAGARPA, “Mercado Internacional de Azúcar”, Sagarpa, México, Junio de 2006. p.11.

- 3.- IICA “Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas 1: Etanol” IICA, San José, Costa Rica, 2007. p.37.
- 4.- CEPAL “Perspectivas de un programa de Biocombustibles en América Central”, CEPAL, México, Marzo de 2004. p.21.
- 5.- IICA; op. cit., p. 37 – 38.
- 6.- CEPAL; op. cit., p.21.
- 7.- Ibídem. p.21 – 22.
- 8.- CLAES “Biodiesel y Bioetanol en América latina: Documento de estudio No. 2” CLAES, Taller a distancia 2008. p.3.
- 9.- Ibídem. p.3 – 4.
- 10.- CEPAL “Especificaciones de la calidad del etanol carburante y del gasohol (Mezcla de gasolina y etanol) y normas técnicas para la infraestructura” CEPAL, Septiembre de 2006. p.1.
- 11.- Fritz, Thomas “Agroenergía en América Latina. Un estudio de casos de cuatro países: Brasil, Argentina, Paraguay y Colombia” Ed. Diakonisches Werk der EKD e. V. für die Aktion Brot für die Welt, Berlin Alemania, Mayo de 2008. p.8
- 12.- Ibídem. p.6.
- 13.- GINGA Petroleum “Ethanol Trading Flow in East and South – East Asia”, GINGA Petroleum, Japón, Mayo 2010. En [www.ginga.com.sg](http://www.ginga.com.sg)
- 14.- CEPAL; op. cit., p.13.
- 15.- CEPAL; op. cit., p.5.
- 16.- Idem.
- 17.- Íbidem. p.5 – 6.
- 18.- Íbidem. p. 6.
- 19.- Idem.
- 20.- Idem.
- 21.- Idem.
- 22.- Idem.
- 23.- Íbidem. p. 7.
- 24.- Owen, k, Coley, I., “Automotive Fuels Reference Book” Society of Automotive Engineers, 1995. Citado en CEPAL; op. cit., p.14.
- 25.- CEPAL; op. cit., p.14.

- 26.- Transportation Systems Branch “Air Pollution Prevention Directorate, Use of Higher than 10 volume percent Ethanol/Gasoline Blends in Gasoline Powered Vehicles” Environment Canada, 1998. Citado en CEPAL; op. cit., p.15 – 16.
- 27.- CEPAL; op. cit., p. 16.
- 28.- Orbital Engine Company “A Literature Review Based Assessment on the Impacts of a 10% and 20% ethanol Gasoline Fuel Blend on –Non Automotive Engines” Report to Environment Australia, 2002. Citado en CEPAL; op. cit., p. 17.
- 29.- CEPAL; op. cit., p. 17.
- 30.- CEPAL; op. cit., p. 9.
- 31.- Ídem.
- 32.- Ibídem. p. 10.
- 33.- Ídem.
- 34.- Ibídem. p. 11.
- 35.- Ibídem. p. 12.
- 36.- Ídem.
- 37.- Ídem.
- 38.- Ibídem. p. 14.
- 39.- Ibídem. p. 15.
- 40.- Ídem.
- 41.- Ibídem. p. 15 - 16.
- 42.- Ibídem. p.16.
- 43.- Ídem.
- 44.- Ídem.
- 45.- Ibídem. p.17.
- 46.- Coello Guevara, Javier; Morales Tremolada Vanessa “Estudio Mapeo de Energía y Clima en América latina” Friedrich Ebert Stiftung; Proyecto Regional de Energía y Clima, Febrero de 2010. p.8.
- 47.- Ibídem. p.9.
- 48.- Ídem.
- 49.- Ibídem. p.13.
- 51.- IICA; op. cit., p. 32.
- 52.- Coello Guevara, Javier; Morales Tremolada Vanessa; op. cit., p. 13.

- 53.- Ibídem. p.18.
- 54.- Ídem.
- 55.- Ibídem. p.19.
- 56.- Ibídem. p.22.
- 57.- Ibídem. p.23.
- 58.- Ídem.
- 59.- Ibídem. p.28.
- 60.- Ídem.
- 61.- Ibídem. p.28 - 29.
- 62.- Ibídem. p.57.
- 63.- Ibídem. p.58.
- 64.- Ibídem. p.58 - 59.
- 65.- Ibídem. p.33.
- 66.- Ibídem. p.34.
- 67.- Ibídem. p.35.
- 68.- Ibídem. p.38.
- 69.- Ibídem. p.39.
- 70.- Ídem.
- 71.- Ibídem. p.43.
- 72.- Ibídem. p.43 - 44.
- 73.- Ibídem. p.44.
- 74.- Ibídem. p.48.
- 75.- Ibídem. p.49.
- 76.- Ídem.
- 77.- Ibídem. p.52 - 53.
- 78.- Ibídem. p.53.
- 79.- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; “Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos” Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Última reforma publicada en el DOF el 27 de Abril de 2010. p.19 – 20. En <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf>
- 80.- Coello Guevara, Javier; Morales Tremolada Vanessa; op. cit., p. 66.
- 81.- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; op. cit., p.17.



82.- Coello Guevara, Javier; Morales Tremolada Vanessa; op. cit., p. 67.

83.- SAGARPA; SENER; SE; SEMARNAT; SHCP; “Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos” México, 2010. p.8. En <http://www.sener.gob.mx/webSener/res/0/EstrategiaBioenergeticos.pdf>

84.- Ibídem. p. 9-10.

85.- Ibídem. p.11.

## **CAPÍTULO 4.**

1.- CEPAL; GTZ; “Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe: El aporte de las fuentes renovables”; CEPAL, GTZ; Octubre de 2003. p.58

2.- Ibídem. p.59.

3.- Ibídem. p..

4.- Ibídem. p..

5.- CONEVAL “Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México”; CONEVAL; México 2010. p.7. En. <http://www.coneval.gob.mx/>

6.- Íbidem. 20

7.- M. G. Kendall y A. Stuart “The Advanced Theory of Statistics”; Charles Griffin Publishers; Nueva York, 1961. p.279. Citado en Gujarati Damodar “Econometría”; Mc Graw Hill; México, 2004 p.22.

8.- Gujarati Damodar “Econometría”; Mc Graw Hill; México, 2004 p.22.

9.- Becerra Pérez, Luis Armando “La industria del etanol en México”, revista Economía, Facultad de Economía, UNAM vol. 6 núm 16.

10.- FAO; “El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2008: Biocombustibles, riesgos y oportunidades” FAO, Roma 2008. p.17. En <http://www.fao.org/docrep/>

11.- Ibídem. p.74.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

**ASSEFAW, TEWOLDE; CHAVARRÍA, ADRIANA y ROJAS, EDUARDO**

“Agrobiotecnología en las Américas: Ante los desafíos globales para la producción de alimentos”, IICA, 2007.

**BARKIN, DAVID** “Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable”, Centro de Ecología y Desarrollo, 1ª edición, México, 1998.

**BRAVO, ELIZABETH** “Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria en América Latina: Encendiendo el debate sobre biocombustibles”, Acción Ecológica, RALLT, HIVOS, Quito, 2007.

**CALVA, JOSE LUIS** “Sustentabilidad y desarrollo ambiental”, H. Camara de Diputados, XL Legislatura, Porrúa, 1ª Edición, México, 2006.

**CEPAL** “Análisis económico de precios del bioetanol para mezclas con gasolinas”, CEPAL, México, septiembre 2006.

**CEPAL** “Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas”, CEPAL, Santiago de Chile, 2008. En

<http://www.agrocombustibles.org/taller2008/documentos/docs2.html>

**CLAES** “Biodiesel y Bioetanol en América Latina: Documento de estudio No.2” CLAES, Taller a distancia 2008.

**CLAES** “Bioenergía y Biocombustibles en el ámbito rural, su aporte al desarrollo: Documento de estudio No.3” CLAES, Taller a distancia 2008.

**CLAES** “Criterios para la sustentabilidad de los agrocombustibles: Documento de estudio No.4” CLAES, Taller a distancia 2008.

**FAO** “Climate Change, Bioenergy and Land Tenure”, FAO, Roma, Junio 2008.

**FAO** "El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo", FAO, 2005.

**FAO** "Oportunidades y riesgos del uso de la Bioenergía para la seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe", CEPAL, FAO, 2007.

**FIGUEROA, EMILIO** "El comportamiento económico del mercado del petróleo", Díaz de Santos, 1ª Edición, Madrid, 2006.

**FOEE** "Pantalla de humo sostenible: Las carencias de la certificación de biocombustibles y alimentos", AIDEnvironment, Bruselas, Abril de 2008. En [www.foeeurope.org/agrofuels/](http://www.foeeurope.org/agrofuels/)

**GARCIA, REYES MIGUEL** "Estados Unidos, petróleo y geopolítica: Las estrategias petroleras como un instrumento de reconfiguración geopolítica" Plaza y Valdés, 1ª Edición, México, 2005.

**GUDYNAS, EDUARDO y HONTY, GERARDO** "Agrocombustibles y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: Situación, desafíos y opciones de acción", Observatorio del desarrollo, CLAES, Montevideo, Mayo de 2007. En

<http://www.agrocombustibles.org/conceptos/AgrocombustiblesClaesOdelD07.pdf>

**HONTY, GERARDO** "Energía, ambiente y desarrollo en el Mercosur" Coscoroba, CLAES, Uruguay, Enero 2002.

**HONTY, GERARDO** "Energía en Sudamérica: Una interconexión que no integra" Nueva Sociedad, 2004. En

<http://www.energiasur.com/integracion/HontyEnergiaAmericaSurInterconexiones.pdf>

**HONTY GERARDO** "Visión regional de la producción de agrocombustibles", Enero 2008. En

<http://www.agrocombustibles.org/conceptos/HontyAgrocombVisionRegional.html>

**HONTY GERARDO** "Energía, alimentos y agrocombustibles" En

<http://www.agrocombustibles.org/conceptos/HontyEnergiaAlimentosAgrocomb.html>

**IICA** "La agricultura ante los nuevos retos del desarrollo: Situación y perspectivas de la vida rural en las Américas 2007", IICA, San José, Costa Rica, 2007.

**IICA** "La contribución del IICA a la agricultura y al desarrollo en las comunidades rurales en México", IICA, México, Febrero 2007.

**LARRAÍN SARA**, "Salvar el planeta: Ecología y desarrollo sustentable", Aun creemos en los sueños, Santiago de Chile, 2003.

**LEFF, ENRIQUE; OTROS** "La transición hacia el desarrollo sustentable: Perspectivas para América Latina y el Caribe", Instituto Nacional de Ecología, 1ª Edición, México, 2002.

**LEY DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO DE LOS BIOENEGÉTICOS**, Diciembre 2007.  
En

<http://www.senado.gob.mx/gace.php?sesion=2007/12/13/1&documento=52>

**LOBATO, V.** "Metodologías para optimizar el análisis de materias primas para biocombustibles en los países del Mercosur" PROCISUR, IICA, Montevideo, 2007.

**MARTÍNEZ, ALIER JUAN** "Economía ecológica y política ambiental", Fondo de Cultura Económica, 2ª Edición, México, 2001.

**MASERA, CERUTTI OMAR R; OTROS** "La bioenergía en México: Un catalizador del desarrollo sustentable", Red Mexicana de Bioenergía A.C. 1ª Edición, México, 2006.

**MICHELENA, ALFREDO** "Las giras energéticas", Soberanía.org, Agosto 2007. En [http://www.soberania.org/Articulos/articulo\\_3480.html](http://www.soberania.org/Articulos/articulo_3480.html)

**NOVO, PAULINA** "Biocombustibles, agrocombustibles, las Instituciones Financieras Internacionales y la Inversión Privada: Una Panorámica General", Washington D.C, Agosto 2007. En

<http://www.agrocombustibles.org/taller2008/documentos/docs2.html>

**PINTO, SIABATO FLAVIO** "La apropiación social y económica de la tecnología de biocombustibles: A la luz de los objetivos estratégicos de Latinoamérica en energía", FODEPAL, Universidad de Flensburg, Alemania, Marzo de 2008.

**RUIZ, MARRERO CARMELO** "Biocombustibles, Biodiversidad y Nuestro Futuro Energético", Programa de las Américas, Mayo 2008. En

<http://www.agrocombustibles.org/taller2008/index.html>

**RIMISP** "Bioenergía, Seguridad Alimentaria y Empleo" Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, Boletín Intercambios, Número 82, Enero 2008. En

[http://www.rimisp.org/boletin\\_intercambios.html](http://www.rimisp.org/boletin_intercambios.html)

**VISCA, PAOLA** "El combustible de los agrocombustibles: El BNDES", Observatorio del desarrollo, CLAES, Montevideo, Mayo de 2007. En

<http://agrocombustibles.org/publicaciones/ObDesaViscaEtanolBndes.pdf>

**VISCA, PAOLA** "La experiencia de México en el TLCAN: Inversión y sustentabilidad del desarrollo", Tercer Mundo Económico, Volumen 1 No. 176 – 177, Enero – Febrero 2004. En

[http://www.redtercermundo.org.uy/tm\\_economico/texto\\_completo.php?id=2384](http://www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo.php?id=2384)