



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**LAS REPERCUSIONES DEL SISTEMA ENERGÉTICO  
MUNDIAL: EL POSIBLE FIN DE LA ERA DE LOS  
HIDROCARBUROS Y LA TRANSICIÓN  
ENERGÉTICA EN MÉXICO (2007-2013)**

**TESIS  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN RELACIONES  
INTERNACIONALES**

**PRESENTA  
ISRAEL RODRÍGUEZ BERNAL**

**ASESOR  
MTRO. ABDIEL HERNÁNDEZ MENDOZA**



MÉXICO 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

*“Hay una fuerza motriz  
más poderosa que el vapor,  
la electricidad y la energía  
atómica: la voluntad”*

*Albert Einstein*

## ÍNDICE

Agradecimientos.....	5
Tabla de abreviaturas.....	8
Introducción.....	9

### Capítulo I

Los hidrocarburos en el contexto internacional y la Teoría de Juegos.....	29
1.1.-Marco teórico conceptual.....	30
1.2.- El sistema energético mundial.....	42
1.3.- El posible fin de la 2ª Revolución Industrial y de la era de los hidrocarburos.....	48
1.4.- El petróleo y la Teoría de Juegos.....	53
1.5.- Análisis del mercado de los carburantes: la maximización de las ganancias (2007-20013).....	57
1.6.- Las alianzas en la Seguridad Energética y los juegos de Suma cero.....	64

### Capítulo II

La transición energética y sus posibilidades.....	69
2.1.- El Riesgo óptimo: del petróleo a las fuentes alternas de energía.....	70
2.2.- El mercado de las energías renovables, oportunidades y riesgos.....	72
2.2.1.- Energía solar: térmica y fotovoltaica.....	77
2.2.2- Energía eólica.....	81
2.2.3- Energía geotérmica.....	85
2.2.4- Energía con base en el hidrógeno.....	92
2.2.5- Biomasa y residuos sólidos.....	98
2.2.6- Los biocombustibles.....	105
2.3.- Las posibilidades energéticas como un proyecto de	

transición.....	117
2.4.- El conflicto entre transición y sustentabilidad.....	119
 <b>Capítulo III</b>	
Las Alternativas Energéticas y la Sustentabilidad.....	120
3.1.- Energía y Medio Ambiente.....	122
3.2.- Consumo Energético Responsable.....	123
3.3.- La Relación Desarrollo- Innovación -Sustentabilidad: La Tercera Revolución Industrial.....	126
3.4.- Proyectos sobre Energía Renovable actualmente desarrollados en México.....	130
 <b>Capítulo IV</b>	
Las Repercusiones del Sistema Energético Mundial: El posible fin de la Era de los Hidrocarburos y la Transición Energética en México.....	136
4.1.- La Teoría de la implementación y el Proyecto Federal en materia de Energías Renovables.....	138
4.2.- ¿Reforma Energética?.....	142
4.3.- Las Paraestatales como posibles Pilares de la Transición Energética y la Asignación optima de recursos.....	147
4.4.- Una propuesta de Proyecto energético.....	150
4.5.- Repercusiones del Sistema Energético Mundial en México.....	154
 Conclusión.....	 156
 Fuentes de Consulta.....	 162

## Agradecimientos

Posiblemente así es como se siente un explorador, quien tras años de viajes interminables decide volver a su hogar; y en su viaje de regreso decide hojear un poco su bitácora, sólo para darse cuenta que ya no es aquel niño que un día soñó con una aventura.

O un escalador, que estando a pocos de metros de alcanzar la cima de una gran montaña, se detiene a observar el camino que ha recorrido hasta ahora; saberse más experimentado, sentirse más fuerte y volverse más agradecido.

Y así, en mi pequeña hojeada en esta bitácora, quiero agradecer a Dios que dicha bitácora se encuentre llena de risas que aún me hacen feliz cuando las recuerdo, de frases y libros que han marcado mi forma de pensar y sentir, de grandes amistades que aunque estén lejos son vívidas e infinitas como el mar, de días de tormenta que me hicieron más sabio, de regaños y castigos que me volvieron más consiente, en fin; pero, lo que más agradezco a Dios es que se encuentre llena de la dedicación de mi amada familia y el amor y aprecio de personas increíbles.

Agradezco a mi madre, Leticia Bernal, por ser mi tótem de la esperanza todos estos años, por enseñarme que la perseverancia es un hábito que se fomenta todos los días, por cuidarme, por su preocupación, por sus consejos, por sus gritos y regaños; más, sobre todas las cosas, por ser una mujer tan fuerte que a pesar de lo difícil que pudo ser el criar a tres hijos jamás me ha faltado amor.

Para mis hermanos Daniel y Alejandro, con quienes tuve la dicha de compartir mi infancia, a quienes la vida nos ha hecho tan diferentes que pareciera que vivimos en mundos opuestos; sin embargo, a lo largo del tiempo nos hemos vuelto más cercanos y unidos.

Quiero agradecer a mis abuelos María Eugenia, Silvia y Bulmaro que dejaran abiertas las puertas de sus casas para permitirme crecer disfrutando de su amor y de su experiencia, por apoyarme en los momentos complicados y por estar en mis recuerdos felices.

A Katy, mi inspiración y mi apoyo en una de las etapas más maravillosas de mi vida hasta hoy, quien a pesar de lo difícil que ha sido tenerme cerca, su cariño me ha hecho reconciliarme con una de las partes de mí que creí perdidas hace mucho tiempo; por reconciliarme con la fe y el amor para ser una persona mejor.

A mis tíos y tías, primos y sobrino, con quienes hasta hace pocos años no podía si quiera cruzar una palabra; aunque ahora, me siento dichoso de poder compartir con ellos una alegría tan inmensa como la que me inunda en este instante.

A mis amigos de la preparatoria, para quienes a pesar de la distancia y el rumbo que han tomado nuestras vidas, siguen pensando en mí como yo sigo pensando en ellos, deseando lo mejor mutuamente.

A mis amigos de la Facultad, con quienes me desarrollé, gracias a quienes me he convertido en una persona más agradable y a quienes deseo un futuro lleno de éxito y muchas reuniones en las que podamos seguirnos viendo con gusto.

A mis docentes, a Abdiel Hernández, de quienes no sólo aprendí fechas y nombres, aprendí sobre justicia, amistad, dedicación, tolerancia y paciencia hacia mí como hacia los demás; porque al pasar el tiempo te das cuenta que son héroes anónimos, de quienes no puedo sentir más que admiración y cariño, ya que su trabajo no es cosa fácil.

Agradezco a personas como Eduardo Arias o Graciela Cárdenas, que me mostraron que una de las cosas más importantes de la vida es hacer lo que te apasiona, luchar cada instante por conseguir tus metas sin pisotear a otros en el

proceso, compartirlo con las personas que amas y difundir la experiencia con quien pueda ser compartida.

También a quienes inclusive con un “mal ejemplo” me mostraron que tengo la libertad de decidir qué dirección quiero que tenga mi vida, que lo bueno y lo malo son hechos cotidianos; pero, que al final del día, únicamente yo poseo la capacidad para conservar lo que me sea más benéfico y lo que quiera.

Por último, me agradezco a mí la paciencia y la locura para esforzarme por conseguir mis metas y sueños, por ser quien a base de ensayo y error –sobre todo mucho error- me esforcé para estar en este punto de mi vida, sintiéndome orgulloso de estar encaminado en el viaje para convertirme en la clase de hombre que quiero ser.

Gracias a todas y todos, asimismo los invito a luchar por sus sueños también.

Con amor y agradecimiento Israel Rodríguez Bernal.

## Tabla de abreviaturas

Agencia Internacional de Energía (AIE)

Alianza para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte (ASPAN)

Desarrollo e investigación (D+I)

Estados Unidos (EE.UU.)

Fondo Monetario Internacional (FMI)

Millones de barriles al día (mdb)

Organización de Países Exportadores y Productores de Petróleo (OPEP)

Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

Petróleos Mexicanos (PEMEX)

Secretaría de Energía (SENER)

Toneladas de barriles de petróleo equivalente (Tbpe)

Tratado de Libre Comercio (TLC)

Unión Europea (UE)

# Introducción

La segunda mitad del siglo XX marcó un cambio decisivo en la historia, que trazó una nueva forma de vida para el ser humano, desde las características del ser individual hasta la organización política a nivel internacional.

Dicho fenómeno se puede marcar como la Segunda Revolución Industrial, que en palabras del investigador estadounidense Jeremy Rifkin se interpreta como “la resultante de la conjunción de la electricidad centralizada, la era del petróleo, del automóvil y la construcción suburbana”.<sup>1</sup>

De esta definición se puede derivar que para determinar una Revolución Industrial, Jeremy Rifkin contempla la unión de dos factores determinantes: un avance tecnológico (electricidad y el automóvil) y un tipo de energético (hidrocarburos) que se complementen mutuamente.

Y si se observa la evolución del hombre durante el siglo XX, se puede visualizar que la forma de vivir se transformó radicalmente, el *american way of life* o “estilo de vida estadounidense” se convirtió en el estandarte de la Segunda Revolución Industrial; la especialización e industrialización de las grandes urbes a nivel mundial atrajo la migración de millones de personas de las zonas rurales a las ciudades con la idea de mejorar su calidad y estilo de vida.

Igualmente, se tiene que mencionar la evolución e innovación de la guerra, –de la que surgieron inventos como la telefonía, las microondas, las computadoras, los mp3, los videojuegos, etcétera- que aumentó la utilización de los combustibles derivados del petróleo con la aparición de los primeros tanques y aviones durante la Primera y Segunda Guerra Mundial.

---

<sup>1</sup>Rifkin Jeremy, *La Tercera Revolución Industrial, cómo el poder lateral está transformando la energía y cambiando el mundo*, Paidós Ibérica, España, 2011, pág.28.

Aunado a esto, la producción y comercialización a gran escala de automóviles propició la demanda y creación de miles de kilómetros de carreteras, que también apoyó el flujo de población a las ciudades, las que necesitaban abastecerse de un sistema eléctrico que diera vida a las fábricas, edificios y hogares.

Por consiguiente, la energía que se necesitaba para completar la instauración de la Segunda Revolución Industrial fue proporcionada por los combustibles fósiles<sup>2</sup> para producir gasoil y electricidad; además, se profundizó la industrialización de la agricultura y la ganadería sumado a la implementación de los derivados del petróleo en la mayoría de las actividades productivas o normales de la vida diaria, convirtiendo a la petroquímica en parte fundamental de esta cadena, que a su vez creó objetos y materiales de uso cotidiano para una infinidad de necesidades humanas como la vivienda, la alimentación, la salud, etcétera.

Si se analiza a profundidad, la vida de cualquier ser humano en el mundo se encuentra a merced de los hidrocarburos, por ejemplo: el transporte que traslada al trabajo o la escuela, los productos plásticos que conservan los alimentos, la ropa y calzado que protegen del ambiente, los cosméticos, maletas, bolsos de mano, telas sintéticas, las medicinas, la calefacción urbana, la tecnología de las computadoras o teléfonos móviles, cableado para redes eléctricas, lubricantes, asfalto, equipo médico, prótesis artificiales, productos de higiene personal, productos de limpieza, fertilizantes, pesticidas, impermeabilizantes, tarjetas de crédito, por sólo mencionar algunos pocos.

Cultivamos nuestros alimentos con fertilizantes y pesticidas petroquímicos. La mayoría de nuestros materiales de construcción (cemento, plásticos, etcétera) están hechos de combustibles fósiles, al igual que la mayor parte de nuestros productos farmacéuticos...me pregunto con frecuencia qué opinión tendrán de este momento en particular de la saga de la humanidad las generaciones futuras que vivan dentro de 50.000 años. Lo más probable es que se refieran a nosotros como las gentes de los combustibles fósiles y que

---

<sup>2</sup>En la presente investigación, los términos “hidrocarburos, combustibles fósiles, energías convencionales y carburantes” hacen referencia al petróleo, el gas natural y el carbón.

denominen este periodo como la Era del Carbono, de igual modo que nosotros hemos bautizado épocas anteriores como las edades del Bronce y del Hierro, por ejemplo.<sup>3</sup>

El acelerado ritmo de vida que se construyó con base en los combustibles fósiles creó un consumo desmedido de los mismos, sin considerar los niveles de reservas a futuro, abaratando el producto a niveles que hoy se considerarían imposibles; en 1900 el consumo mundial de petróleo era menor a 0.5 millones de barriles al día (mdb) con un precio inferior a los dos dólares por barril hasta 1973, mientras que actualmente de cada 3 barriles de petróleo que se consumen al día se extrae únicamente 1.<sup>4</sup>

La creciente demanda de los carburantes así como de sus derivados produjo la expansión del comercio y la apertura de mercados, que necesitan materiales, energía, transportes, insumos y demás factores también dependientes de los hidrocarburos. Dando como resultado una civilización adicta totalmente al gas natural, al petróleo y al carbón.

Por lo tanto, la dependencia del hombre a los combustibles fósiles conlleva a analizar una característica fundamental de los mismos; que son recursos naturales no renovables, lo cual significa que algún día escasearán y será más difícil obtenerlos.

Estudiosos del tema tales como Juan Rosell Lastortras o Ramón Fernández Durán concuerdan que el 2000 es el punto de entrada al inicio del *Peak Oil*<sup>5</sup> o “Pico del petróleo” y del gas natural a nivel mundial; es decir, que se ha alcanzado un nivel máximo de descubrimiento de yacimientos, reservas, extracción y utilización de los

---

<sup>3</sup>*Ibidem*, pg. 36.

<sup>4</sup>Rosell Lastortras Juan, *¿Y después del petróleo qué?*, Editorial Deusto, España, 2007, pp. 23, 62.

<sup>5</sup> Término proporcionado por el geofísico estadounidense Marion King Hubbert en los años 50, quien al analizar los niveles de producción y explotación del petróleo de Estados Unidos pronosticó su declive para la década de los años 70. Savinar Matt, *Peak oil and the collapse of society*, pág.6, texto completo en <http://www.librosorevistas.com/s/-pdf.html>, consultado el 17.08.13.

hidrocarburos a partir de los cuales las cifras internacionales tenderán a decrecer inevitablemente.

Estas ideas no son completamente definidas, no se sabe cuánto podrían durar las reservas de combustibles fósiles a nivel mundial exactamente, no existe un día y hora determinados para el decremento total de los yacimientos ya que existen reservas comprobadas y algunas que se desconocen o que por el momento no son explotables por razones diversas que por lo tanto no se deberían contemplar en las cifras oficiales -aunque lo hacen-.

Existen estudios por parte de sectores privados -por ejemplo el *Statistical Review of World Energy* que realiza British Petroleum- que aseguran, a partir del 2012, aún existen reservas de hidrocarburos para más de 50 años a nivel mundial<sup>6</sup>; otros grupos internacionales interesados en el tema aseguran el colapso de la era del petróleo y el gas natural en menos de 30 años, tal es el caso de la Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo y el Gas -ASPO por sus siglas en inglés-.<sup>7</sup>

En cifras aproximadas del 2012 del *Statistical Review of World Energy*, aún existen reservas internacionales para 54.2 años de petróleo, 63.6 años de gas natural y 112 años de carbón<sup>8</sup>; sin embargo, el resultado no es definitivo, el ritmo al que se extraen y se consumen dichos recursos es lo que determinará su duración, aunque es una verdad indiscutible que estas cifras tenderán a decrecer.

Roberto Bermejo en su obra “Un futuro sin petróleo. Colapsos y transformaciones socioeconómicas”<sup>9</sup>, analiza que las repercusiones de no afrontar el tema

---

<sup>6</sup>British Petroleum, *Statistical Review of World Energy*, 2012, texto completo en [http://www.bp.com/assets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2012.pdf](http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf) consultado 18.12.12.

<sup>7</sup>Colin J. Campbell, *Understanding Peak Oil*, <http://www.peakoil.net/about-peak-oil>, consultado el 10.12.12.

<sup>8</sup>British Petroleum, *Op. Cit.*, págs.6, 20 y 30.

<sup>9</sup>Bermejo, Roberto, *Un futuro sin petróleo. Colapsos y transformaciones socioeconómicas*, Editorial Catarata, España, 2008.

inmediatamente –a principio del siglo XXI- serán trascendentales para la continuación de la vida en el planeta al ritmo que se está acostumbrada, planteando supuestos sobre como las consecuencias políticas, económicas, sociales y ambientales que resultarían del agotamiento paulatino no razonado de estos recursos naturales serán más duraderas que la era misma del carbono, así como la idea de obtener propuestas e ideas que ayuden a contrarrestar los efectos causados por la quema excesiva de los mismos.

Por ello, el estudio de la problemática planteada es de alta prioridad; por lo que la investigación de dicho fenómeno y sus consecuencias son un tema de interés para el internacionalista, ya que la derivación de las grandes transformaciones que podrían resultar de enfrentar o no la problemática del agotamiento de los energéticos no renovables serán trascendentales.

Por ejemplo, a nivel internacional, los hidrocarburos y su búsqueda exhaustiva por el control de los mismos son capaces de crear desajustes financieros y económicos, devaluaciones, inflación, guerras, pobreza, corrupción, deterioro ambiental, entre muchos casos más.

Tomando en cuenta que la mayoría de dichas problemáticas son existentes y se intensificaron en el siglo XXI, se ha decidido que el periodo de tiempo a estudiar sea del 2007 al 2013, con la finalidad de desarrollar cómo ha reaccionado la comunidad internacional en relación al comportamiento de los actores internacionales involucrados y así observar el nivel de importancia que ha tomado el tema en el escenario mundial, además de la discusión de probables soluciones para el cénit de los hidrocarburos.

Asimismo, englobar cambios fundamentales en la relación demanda-producción de combustibles fósiles y la variación de los precios después de la crisis económica mundial del 2008.

Resaltando que la problemática no es un caso reciente, aunque el debate en torno a él ha tomado relevancia a partir de este siglo; por ello es importante actualizar el contexto histórico-político, para evitar generar un ambiente de estabilidad basado en la ignorancia o sembrar un pánico generalizado con base a la verdad exagerada sobre los hidrocarburos; es fundamental subrayar que se deben aportar ideas, hipótesis, hechos e investigaciones que si bien no lograrán transformar el sistema energético mundial inmediatamente, propongan alternativas que permitan la transición a un estilo de vida más sustentable y con mayores beneficios para la humanidad y el planeta.

Tal es el caso de los investigadores Ana María Cabello Quiñones<sup>10</sup> o Miguel García Reyes<sup>11</sup>, ambos de origen latinoamericano, interesados en la investigación de alternativas ecológicas que gradualmente sustituyan la utilización de combustibles fósiles, así como su implementación y desarrollo, es decir, una investigación sobre energías renovables que tenga como objetivo el desarrollo sustentable.

Por ello, para analizar desde un mejor plano el tema, se debe conocer una definición de los conceptos de desarrollo sustentable, energía renovable y sustentabilidad ambiental.

Se retoma el concepto de desarrollo sustentable del investigador Víctor L. Urquidí como:

... aquel desarrollo que se lleve a cabo sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades... Y está implícita la preocupación por la igualdad social dentro de cada generación...<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup>Cabello Quiñones Ana María, *Solución para el desarrollo sustentable*, REFINOR S.A., Argentina, 2006.

<sup>11</sup>García Reyes Miguel, *La seguridad energética en el siglo XXI. Los nuevos actores, el gas natural y las fuentes alternas de energía*, García Goldman Karonovsky Editores, 2009, México.

<sup>12</sup> Martínez Fernández Manuel y Centro de Investigación en Energía UNAM, *Planeación energética en México y sus futuros*, Revista digital universitaria, 1 de octubre 2010 Volumen 11 Número 10, texto completo en <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art94/index.html>, consultado el 16.02.2014.

Por energía renovable, y apegado al marco normativo mexicano actual, se entiende como:

Aquellas energías cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica.<sup>13</sup>

Y por sustentabilidad ambiental se entiende:

La administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras.<sup>14</sup>

La relación entre energía renovable y sustentabilidad radica en la implementación de tipos de energía que promuevan un beneficio para la sociedad mundial actual y para las generaciones futuras.

Igualmente, profundizar en este fenómeno internacional –la transición energética– conlleva a analizarlo desde un punto de vista necesario para México y a plantear la pregunta ¿cuál es la percepción del entorno político-económico del país en relación al tema y cuál es la postura de las instituciones gubernamentales de acuerdo a las posibles soluciones?

Si se piensa en el caso de México, el agotamiento de dichos recursos naturales tendrá un impacto importante; por ejemplo, se sabe que las finanzas del país se encuentran petrolizadas y que en México aproximadamente 40 centavos de cada peso en el país son provenientes de los ingresos obtenidos del petróleo.<sup>15</sup>

---

<sup>13</sup>DOF 07-06-2013, Diario Oficial de la Nación, México D.F., 28 de noviembre de 2008.

<sup>14</sup>SEMARNAT, *Transiciones hacia la sustentabilidad*, <http://www.semarnat.gob.mx/temas/pycs/Paginas/transiciones.aspx>, consultado el 23.09.2013.

<sup>15</sup> INEGI, *El petróleo ¿Cuánto aporta a la economía?*, <http://cuentame.inegi.gob.mx/economia/petroleo/pib.aspx?tema=E>, consultado el 24.05.2013.

En el marco de la celebración del 75° aniversario de la expropiación petrolera, el actual Presidente de México Enrique Peña Nieto, declaró que las reservas totales del país son de 44,530 millones de barriles equivalentes<sup>16</sup>, que representan una producción constante aproximada para treinta años de acuerdo con sus declaraciones.

A pesar de lo alentador que pudiesen resultar estas cifras y que se trata de un comunicado oficial directo de la boca del Presidente, esta idea es algo confusa ya que lo irónico de esta declaración es, que sólo 13, 868 millones de barriles son lo que se conoce como reservas probadas (1P)<sup>17</sup>, lo que significa que son de fácil extracción y que el agotamiento de dicha cantidad se calcula en unos 10 años aproximadamente.

El petróleo restante se encuentra en áreas de difícil acceso y a mayor profundidad, que necesitan estructura y equipo calificado del cual carece Petróleos Mexicanos (PEMEX), y que es un punto vulnerable de la industria petrolera y energética mexicana.

De igual, forma los cambios en los precios de los carburantes afectan a cada mexicano, por ejemplo, el aumento de la gasolina incrementa el precio de los productos de la canasta básica en general, o la destrucción del ambiente, el robo de combustibles, la inflación crece, la importación de petróleo y gas aumenta, etc. Las relaciones exteriores también se ven afectadas frente a los intereses de otras naciones por querer obtener dichos recursos nacionales, -como la discusión de los yacimientos transfronterizos en el Golfo de México- que inclusive se discute bajo la

---

<sup>16</sup>Barrera Adriana, *Reservas probadas de crudo en México suben ligeramente en enero: presidente*, <http://lta.reuters.com/article/domesticNews/idLTASIE92H00Y20130318>, consultado el 18.03.13.

Las reservas probadas, o reservas 1P se definen como el volumen de hidrocarburos o sustancias asociadas evaluados a condiciones atmosféricas y bajo condiciones económicas actuales, que se estima serán comercialmente recuperables en una fecha específica, con una certidumbre razonable, derivada del análisis de información geológica y de ingeniería. SENER, Reservas de Hidrocarburos, [www.sener.gob.mx/webSener/res/204/reservas.doc](http://www.sener.gob.mx/webSener/res/204/reservas.doc), consultado 18.03.13.

creación de un posible marco legal; tal es el caso de la Alianza para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte (ASPAN) o el Proyecto Mesoamérica.

En cualquier caso, el objetivo de este estudio no es señalar un apocalíptico desenlace en el “cuento” de los combustibles fósiles, sino, analizar el uso, la importancia y la disminución de estos recursos naturales, así como manifestar que existen propuestas que retroalimentan y apoyan la idea de la transición energética en la arena internacional, enfocándose en la inserción de México en este proceso.

En México, la diversidad de climas y ecosistemas proveen al país de una riqueza de posibilidades energéticas; se puede aprovechar la energía solar, eólica, geotérmica, la biomasa, o la hidráulica.

El aprovechamiento estatal de los recursos naturales de esta índole para obtener energías renovables generará beneficios económicos, ambientales, políticos a nivel interno y externo, degradará paulatinamente la dependencia de los combustibles extranjeros, los combustibles serán más baratos, etc.

Aunque, antes de establecer criterios sobre retos y beneficios es necesario aterrizar todo en un contexto actual con un panorama probable y no en un mundo fantástico. Dichos criterios deben representar la idea fundamental de la creación de un plan de acción para que los resultados obtenidos representen un desarrollo paulatino sustentable y no un acto desesperado de cara al inminente pico del petróleo y del gas natural.

Se puede decir que la naturaleza humana es un misterio que todas las ciencias han intentado explicar desde que la capacidad racional se convirtió en una cualidad casi natural del ser humano; saber qué es lo oculto el misterio del alma y de la carne, de los pensamientos, de la vida.

La búsqueda de respuestas a las incógnitas que surgen del hecho de evolucionar como raza, más allá del alma y el cuerpo son de igual importancia también. ¿Qué provoca que se pueda lograr el progreso o la destrucción? ¿Son partes de un mismo juego que pueden ser confundidas? ¿Será que el verdadero problema no es la bomba atómica y que la real arma de destrucción masiva habita dentro de la naturaleza del ser humano?

Conocer que la vida en el planeta se agota porque la Tierra está cediendo a merced del cataclismo climático, animal y vegetal, que las especies desaparecen o se encuentran en peligro de extinción por culpa de lo que se sugiere como desarrollo; entonces, si lo que provoca un avance es capaz de generar muerte en masa –animal, vegetal y humana- ¿se puede llamar avance? Y no sólo eso, ¿podría ser resultante de este desarrollo la extinción propia de la raza humana?

Una variación de únicamente dos grados centígrados más podría convertir al mundo en un planeta desierto en un periodo corto de tiempo; la desaparición de un determinado grupo de fauna o flora puede significar la extinción en cadena de otros seres vivos o la sobrepoblación y plaga de unos más.

Por ejemplo, la destrucción de ecosistemas como los polos y su deshielo generan más disputas sobre quien tomaría control de las posibles rutas marítimas que se abrirían e inclusive de la posibilidad de explotar yacimientos petroleros y menos discusión sobre como contrarrestarlo.

¿Cuándo comenzará el debate racional y profundo sabiendo que una vez que estas posibilidades sean una realidad no habrá marcha atrás?

El hombre ha olvidado que es una pieza de un sistema sumamente fino y detallado que es la vida en la Tierra; en la que cada parte que la compone es indispensable y que no existen piezas de repuesto para sustituir las pérdidas o las disfunciones, que cada parte es única y que necesita de cuidado especial.

Convirtiendo a los recursos naturales en simples insumos de la complicada y a la vez obsoleta maquinaria que sustenta el estilo de vida que se está acostumbrado, sin racionalizar sobre la efímera y frágil naturaleza de los recursos que se poseen.

Se ha analizado poco que la generación que vio el desarrollo de la era del carbono y que consideró que las consecuencias derivadas de la misma –cuando se definieron las posibles consecuencias- pasarían a ser resueltos por quienes los sufrieran, no es otra que esa misma generación quienes ahora lo sufren.

El problema central de este trabajo de investigación -el posible pico de la era de los hidrocarburos- resalta la indispensable discusión del tema para el internacionalista, quien con un enfoque tan diverso de lo que es el acontecer mundial debe analizar las posibilidades que podrían lograr la transición energética, así como las dificultades que representa dicho proceso, ya que no reflexionar sobre los retos que representa podría limitar las posibles soluciones.

Por ejemplo, cuando el geofísico estadounidense Marion King Hubbert introdujo el término “Pico del petróleo” por primera en una investigación para el American Petroleum Institute en 1956<sup>18</sup>, fue catalogado de loco e ignorante porque se pensaba que el petróleo duraría por cientos de años más.

Sin embargo, en 1970 los pronósticos de Marion K. Hubbert se hicieron una realidad, denotando que dicho fenómeno pasará en algún momento a nivel mundial. Un recurso que tardo miles de años de producirse se ha derrochado y consumido aproximadamente al 50% en menos de un siglo a nivel mundial.

Así, los hidrocarburos poseen una naturaleza dual entre la destrucción y el progreso; son el principio de una época marcada por el desarrollo industrial y

---

<sup>18</sup>Kenneth S. Deffeyes, *Hubbert's: The Impending World oil Shortage*, Princeton University Press, 2008, texto completo en <ftp://ftp.press.princeton.edu/pub/bookdata/chapters/bnsamp/9780691141190.pdf>, pp. 1-4, consultado el 17.08.13.

urbano que cercano al agotamiento total de dichos recursos pone en jaque a la civilización que logró construir y posiblemente podría colapsar. Que no depende del uso, éste es positivo, lo equivocado ha sido su administración.

El ser humano cambió su forma de vida a un estilo sin precedentes, se volvió esclavo del consumismo y el derroche energético sumado a la inconsciencia de la naturaleza del sistema en el que basó todo ese progreso; en un recurso finito que no ha podido ser capaz de sustituir, de lograr una transición, de cambiar de principal fuente de energía.

Se ve a los siglos anteriores al XX como lejanos e impensables, sin energía eléctrica ni tecnología; pero, parece que el hombre se aproxima más a aquellas épocas de lo que se piensa.

Inclusive, se ve al carbón como una oportunidad de mantener funcionando el gigantesco motor de una “civilización” que conforme más se esfuerza por mantenerse en pie más profunda resulta la huella que deja su inevitable final; analizando esta posibilidad, ¿no debería considerarse un retroceso volver a utilizar el carbón como fuente principal de energía?

Lo lamentable de esta situación es que no se le ha infundido la relevancia que debería tener; a pesar de ser un tema tan contemporáneo, el conocimiento real de este fenómeno en general es limitado e inclusive satirizado.

Se ha abordado por distintos medios de comunicación en masa; sin embargo, lamentablemente se ha catalogado como algo casi improbable o que al menos a la generación del siglo XXI no le tocará presenciar y mucho menos sufrir las consecuencias.

Desde el punto de vista de la “ciencia ficción” se han retratado de diversas formas los estragos que se podrían producir del cénit de los hidrocarburos, filmes como

Mad Max<sup>19</sup>, que muestra una lucha a vida o muerte por el control de los combustibles que existen aún en un planeta convertido en un enorme desierto, con bandas dedicadas al robo de gasolinas, en el que las grandes urbes se desmoronaron y se convirtieron en el recuerdo de una época dorada, mientras el ser humano se ve obligado a huir a lugares casi inhóspitos donde tiene un tipo de vida parecido al del hombre de la prehistoria.

Tal es el caso de los “ordeños” o robo a los oleoductos por el crimen organizado, los cuales comienzan una lucha y un mercado negro de los hidrocarburos que no sólo existe México, sino que es una realidad en todo el mundo; siendo tan grave que en China es un delito que puede llevar a la pena de muerte.

O Waterworld<sup>20</sup>, que muestra la idea de un planeta que orilla a la humanidad a vivir en islas artificiales tras el aumento de la temperatura y el posterior deshielo de los polos que provocan la inundación de más del 90% de la superficie terrestre, donde uno de los tesoros más preciados que se puede poseer es un puñado de tierra.

E incluso los filmes para niños son muestra de las consecuencias de este fenómeno, por ejemplo, la película Wall-E<sup>21</sup>, que muestra un planeta convertido en un desierto contaminado por lo que hoy se considera como progreso, en el que el hombre se ve forzado a huir al espacio exterior con el anhelo de poder volver a habitar y conocer aquel mundo que hoy se posee y que aún no está perdido.

De esta manera, se observa que el tema no tiene la debida trascendencia en el contexto actual ya que se explotan las consecuencias posibles más no los

---

<sup>19</sup>Mad Max [película], Miller George, Australia, 1979, (93 min), producida por Kennedy Miller Productions, Crossroads y Mad Max Films, son., col.

<sup>20</sup>Waterworld [película], Reynolds Kevin, Estados Unidos, 1995, (136 min), producida por Universal Studios, son., col.

<sup>21</sup> Wall-E [película], Stanton Andrew, Estados Unidos, 2008, (98 min), animada, producida por Pixar Animation Studios, son., col.

orígenes y las soluciones factibles posibles; en ese sentido, las consecuencias no serán aisladas: el deshielo, la contaminación y la lucha por el control del mercado negro de los combustibles serán una problemática conjunta algún día.

Aunque si se observa con detenimiento, en ninguna de las tres películas mencionadas se ve una gran cantidad de animales o plantas, hay cambios a nivel de la organización social y en dos de ellas las bandas criminales infunden el terror y la violencia; hechos que resultarán muy probables derivados de estas consecuencias ya planteadas.

Además, si se analizan las posibilidades de los filmes, no existe la tecnología para poder vivir en el espacio, la creación de islas artificiales a partir desperdicios es una posibilidad factible; más, representa muchas limitaciones físicas. La que más podría acercarse a la posible realidad es Mad Max, en la que todo el planeta es un enorme desierto cruel y criminalizado.

Estas opciones no son más que fantasías de la ciencia ficción; sin embargo, las consecuencias del final de los hidrocarburos mostradas en cada película serán más reales e impactantes de lo que se podría imaginar.

Asimismo, como ya se mencionó, no se desea generalizar el pánico, sino la conciencia entre los interesados en el tema que deberían ser todos. Y aunque la ramificación del tema y sus consecuencias son variadas, resulta complicado poder plasmar tantas ideas en una sola investigación, ya que se podría perder el sentido de muchas partes importantes, por esta razón la parte fundamental de esta tesis es la transición energética.

Marcando la diferencia entre investigaciones realizadas anteriormente por otros Internacionalistas de la Universidad Nacional Autónoma de México; como es el

caso de la tesis de Yessenia Zavala Herrera<sup>22</sup>, en donde hace hincapié en los proyectos de las administraciones estadounidenses para conformar y consolidar su abastecimiento energético a partir de la creación de bloques regionales.

La tesis de Haydeé Rodríguez Mendoza<sup>23</sup>, plantea la perspectiva de un variado número de energías renovables, sus ventajas y obstáculos, así como la relevancia para México de introducirse en el tema completamente.

Claudia Rachel Strambo<sup>24</sup>, en su tesis “La importancia de la investigación en tecnología energética para el posicionamiento internacional de México y Brasil, en el contexto de la Transición energética”, se enfoca en la premisa de cómo los avances científico-tecnológicos son la clave fundamental para lograr un posicionamiento en materia energética.

En las tesis mencionadas se resalta la importancia de afrontar la problemática de agotamiento de los energéticos; pero, la evolución del problema necesita la contextualización del tema lo más posible a la actualidad.

Por esta razón en primera instancia, en esta investigación se ha decidido acortar el periodo de tiempo a 6 años únicamente, para evitar hondar más en conocimientos que podrían resultar repetitivos.

---

<sup>22</sup>Zavala Herrera, Yessenia, *La crisis energética en Estados Unidos de América. Hacia la formación de un bloque energético en el Hemisferio Occidental y los beneficios para México* (Licenciatura en Relaciones Internacionales), Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 2008, 149 pp.

<sup>23</sup>Rodríguez Mendoza, Haydeé, *La transición energética mundial del siglo XXI, un recurso energético y ambiental para México* (Licenciatura en Relaciones Internacionales), Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 2011, 175 pp.

<sup>24</sup>Rachel Strambo, Claudia, *La importancia de la investigación en tecnología energética para el posicionamiento internacional de México y Brasil, en el contexto de la Transición energética* (Licenciatura en Relaciones Internacionales), Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 2011, 199 pp.

Segundo, se busca el análisis de las principales fuentes de energía renovable que podrían apuntalar a México en un futuro en ciencia y tecnología; por ello, el número de posibilidades se limita a pocos objetos de estudio. Mezclando las ideas de estudiar las energías renovables y analizar los riesgos-beneficios nacionales de energías renovables que podrían ser aplicables en el país.

Tercero, si bien las decisiones que tomen otras naciones en materia pueden beneficiar o no a México, lo que se desea plasmar aquí es que no se debe sólo esperar como actuar en relación de las decisiones de países terceros, sino que México debe ser actor fundamental del escenario internacional. Aportar ideas y acciones con un análisis de diferentes tipos de energías renovables, mejorar la legislación nacional en el tema y las investigaciones, no sólo hacer un listado de dichas energías y resumir cómo funcionan.

Cuarto, se contempla a razón de la propuesta de reforma energética en el 2013, un análisis de los retos o aciertos que se producen de las propuestas planteadas de lo que se ha llamado en este instante, una “Reforma de gran calado”, para analizar si dicha reforma energética contiene el avance legislativo que el país necesita para mejorar la transición energética.

Quinto, al tratar el tema de una transición energética se han planteado éstos principales rubros a investigar: los combustibles para industria, la energía eléctrica, el gasoil para el transporte de pasajeros y mercancías, además de la transformación del sector petroquímico. Debido a que una verdadera transición se logrará de forma completa si se contempla un cambio en estos aspectos conjuntamente.

Sexto, en vez de comentar los proyectos exitosos y como es que en países como Estados Unidos, China, Brasil o la Unión Europea la transición energética es un plan a futuro, se explora la idea de cuáles son las hipótesis primarias que llevaron a estas naciones a adaptar e integrar a sus políticas el objetivo de la transición

energética. Partiendo del hecho de que en México decepcionantemente ni siquiera existe una cultura del término Transición energética.

Finalmente, como complemento a la diferenciación de esta tesis con otras, no sólo se han planteado cuales serían las estrategias razonables a seguir, se ha aventurado a conjeturar supuestos o posibles estrategias con base a la investigación, esperando que los interesados en el tema se adentren a la misma capacidad de fundamentar su propia propuesta en materia de transición energética.

Para fomentar la participación y la diversificación de ideas, porque no sólo es crear un recuento de las posibilidades sin adentrarse al análisis y la formulación de propuestas como verdaderos Internacionalistas.

Es necesario pensar como un King Hubbert, o un Jeremy Rifkin para visualizar de forma distinta y abordarlo de tantas maneras que las soluciones crezcan y se magnifiquen. Así que esta investigación tiene como objetivos:

Objetivo General: Resaltar la importancia de los hidrocarburos a nivel internacional en la vida cotidiana de la humanidad y en los ámbitos políticos, financieros, ambientales, comerciales, etc.; así destacar que en relación con su relevancia es prioritario proponer alternativas energéticas a su agotamiento inminente, subrayando que es responsabilidad de toda persona participar en la investigación e implementación de soluciones por el simple hecho de vivir en el mismo planeta. De igual manera, sugerir la idea de posicionar a México en materia energética en el plano internacional como pionero de la transición energética en el Continente, mediante la innovación tecnológica a través del aprovechamiento de los diversos recursos naturales nacionales.

Objetivos Específicos:

- a. Analizar la importancia del consumo responsable de las energías no renovables y la responsabilidad que tienen las empresas, así como los individuos en relación a la investigación e implementación de las energías renovables en sus vidas diarias.
- b. Investigar y comparar las diversas formas de energía renovables actualmente implementadas en México, a su vez, estudiar su nivel de explotación, y a cargo de quién o quiénes se encuentran administradas o dirigidas para realizar un análisis de costo-beneficio para la nación.
- c. Analizar y comparar los beneficios y las dificultades de los diversos tipos de energías renovables enfocándolos al contexto político-geográfico actual del país y así, conocer que propuestas son mucho más viables para su desarrollo e implementación.
- d. Denotar el posible potencial de México referente a las energías renovables y sugerir que los recursos pueden explotarse de manera que impulse la inserción del país en la actual transición energética a nivel regional, continental e incluso internacional, para fomentar el desarrollo científico, económico y político.
- e. Enfatizar que las probables alternativas de transición energética no deben ser una respuesta impulsiva por controlar medianamente la problemática; sino, un proyecto paulatino racionalmente pensado que logre el propósito de la transición energética, para evitar que las problemáticas resultantes puedan intensificarse en vez de resolverse.

Así que en concordancia con el posible Pico de los hidrocarburos y los objetivos planteados, la hipótesis en la que se basa esta investigación es: que el inminente fin de la era de los hidrocarburos a nivel internacional podría tener consecuencias

negativas que resulta de vital trascendencia frenar o evitar para lograr mantener el ritmo de vida actual mundial, por ello, el proceso de transición energética es fundamental para cualquier nación y un juego del cual México no debe excluirse o quedarse detrás.

Tomando en consideración que las reservas petroleras y gasíferas del país son limitadas, además que los proyectos futuros de PEMEX se basan en la explotación de estos recursos “restantes”, sería conveniente pensar que, si se plantea la posibilidad de invertir a nivel federal en equipo, investigación y estructura para obtener un recurso que es finito para la producción de energía y gasolina, el resultado sería carente e incluso inútil ya que podría resultar mucho más caro extraer y refinar estos recursos que las ganancias producidas a mediano y largo plazo.

Entonces, sería mucho más favorable y coherente invertir en un tipo o tipos de energía renovable que podrían generar rentabilidad a largo plazo, degradarían paulatinamente la dependencia a los combustibles extranjeros, además de combatir el problema energético, ambiental y fiscal del país.

Ahora, este trabajo está compuesto por cuatro capítulos; en el primero se exponen los conceptos de la Teoría de Juegos que fundamentarán esta investigación, se desarrolla como se encuentra compuesto el sistema energético mundial y como es que este sistema basado en la Segunda Revolución Industrial podría propiciar o fomentar el posible Pico de los hidrocarburos.

En el segundo capítulo se explica la importancia de expandir el uso de energías de tipo renovable y se analizan algunos tipos de estas energías; igualmente se enfatiza la relevancia de la transición energética así como los diversos factores involucrados en éste proceso.

El tercero, se compone de un análisis minucioso de la transición energética, en el que se expone que la innovación y el desarrollo deben complementarse con el proceso de sustentabilidad tomando en cuenta factores como el consumo responsable, la concientización social, la factibilidad de las alternativas energéticas, etc.

En el cuarto capítulo, se analiza cómo es que todos los factores previamente investigados en los capítulos anteriores serían capaces de generar un impacto positivo o negativo en México, dependiendo de las posibles estrategias o planes a implementar en el país. Estudiando las políticas vigentes a nivel federal así como cuestionando que tan prometedora resultaría la Reforma Energética promulgada en el 2014.

# Capítulo I

## Los hidrocarburos en el contexto internacional y la Teoría de Juegos

La mayoría de los productos y servicios de los que dispone el ser humano en la actualidad se encuentran de alguna manera relacionados con el uso de combustibles fósiles durante alguna parte de su proceso. De este modo el estilo de vida se ve maniatado incondicionalmente al flujo continuo de los mismos.

Por ello, la importancia que tienen en el escenario internacional es un potencial explotable en varios campos de estudio de las Relaciones Internacionales como la economía, la política exterior, el comercio, la administración, entre otros más y por su puesto en la geopolítica.

Con el tiempo se han modificado las reglas del juego, el número de participantes involucrados y las relaciones humanas con el ambiente natural, de forma tan intensa que así como se ha creado progreso, las consecuencias de un desarrollo no sustentable tan acelerado también se han hecho visibles.

Con la propuesta de una transición energética el mundo y la civilización humana se encaminan a un nuevo estilo de vida; por ello, el investigador debe conocer la manera en que se encuentran conformadas las esferas de poder petrolero o gasífero, las coaliciones, alianzas, absorciones o fusiones, indicadores de precios y nivel de demanda-oferta para contar con las herramientas necesarias para conocer y delimitar que tan preparado está el entorno internacional para este cambio.

Y así saber qué es lo que se necesita para fomentar dicha transición, que se puede o se quiere cambiar y en mayor medida como las posibles acciones, estrategias, o planes son capaces de generar beneficios para lograr ese objetivo.

Denotar que no se trata de pronosticar un cambio radical en el que se dejen de utilizar todo tipo de combustible fósil, sino de crear una especie de puente entre los hidrocarburos y las nuevas formas de producir energía, proveer servicios y crear productos, para que paulatinamente concienticen también sobre las problemáticas derivadas de un uso desmedido de cualquier tipo de energía y combustible.

### **1.1.- Marco teórico-conceptual**

La delimitación del marco teórico para esta investigación, fue una de las partes más complejas y al mismo tiempo fue una de las más satisfactorias e interesantes de la elaboración de la misma; que después de la revisión de varias teorías posibles a utilizar, culminó con la elección de la Teoría de Juegos.

Existen varias razones para dicha elección; en principio resulta complejo analizar cómo una teoría planteada por un matemático, que sustenta sus ideas principales en las Ciencias Exactas es capaz de explicar en gran medida los fenómenos que se derivan de los estudios de las Ciencias Sociales.

Además, que es una teoría relativamente joven en comparación con otras, sabiendo que fue difundida a mediados del siglo XX. Si bien la investigación en torno a la resolución de “juegos” con base al planteamiento de estrategias debidamente razonadas ya había sido planteada desde el siglo XVIII, la trascendencia del tema no resultó evidente hasta la aparición del libro *Theory of Games and Economic Behavior*<sup>25</sup> o *Teoría de Juegos y el Comportamiento Económico* de los autores Oskar Morgenstern y John von Neumann en 1944.

---

<sup>25</sup> Von Neumann John y Morgenstern Oskar, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Estados Unidos de América, 1953.

Se considera a estos dos autores como los fundadores de la Teoría de Juegos, los cuales en principio explicaban la formación matemática de estrategias para los denominados “Juegos de suma cero”, en los cuales un jugador gana lo que el otro pierde; sin embargo es necesario conocer de manera breve la evolución de la teoría, las aportaciones que se derivaron a lo largo del tiempo y la manera en que estas aportaciones son capaces de sustentar las ideas de esta investigación, así como conocer quiénes fueron los estudiosos del tema antes y después de Morgenster y Neumann, los cuales cabe destacar en su mayoría son ganadores de Premios Nobel en sus respectivas áreas de investigación.

El primer indicio de un estudio relacionado a la solución de problemas en un juego es proporcionado en una carta del embajador británico James Waldegrave (1684-1741) en 1713<sup>26</sup>, en el que habla sobre las posibles estrategias a utilizar para ganar en el juego de cartas para dos personas “Le her”.<sup>27</sup>

En el siglo XIX, el matemático francés Antoine Augustin Cournot (1801-1877), en sus estudios sobre el comportamiento de la oferta y la demanda, establece en el llamado “Modelo de Cournot”<sup>28</sup> la importancia de la toma de decisiones para influir en las fluctuaciones del mercado, así como en la forma racional en el que operan los duopolios para maximizar sus ganancias o modificar los precios en el mercado con base en el tamaño de producción, tal como lo hace la Organización de Países Exportadores y Productores de Petróleo (OPEP).

Después, el estadístico y economista británico Francis Ysidro Edgeworth (1845-1926), en lo que se conoce como la “Caja de Edgeworth” representa el

---

<sup>26</sup>Epstein Richard, *The Theory of Gambling and Statistical Logic*, Academic Press, Estados Unidos de América, 1995.

<sup>27</sup>Es un juego que requiere una baraja de 52 cartas, las cartas se clasifican de acuerdo a su valor desde el As (1) hasta el Rey (13); un jugador es el repartidor y otro el receptor, cada uno recibe una carta boca abajo y observa su valor sin mostrarla. El receptor puede cambiar su carta hasta dos veces por la carta de la cima de la baraja, siempre y cuando esta no sea un Rey, caso en el que se anula el cambio. Por último el jugador con la carta de mayor valor gana.

<sup>28</sup>Pereyra Andrés y Triunfo Patricia, *Oligopolio*, pp. 22-24, texto completo en <http://decon.edu.uy/~mito/nota%20oligopolio.pdf>, consultado el 19.09.2013.

intercambio de dos bienes entre dos individuos, denotando que existe un espectro de posibilidades en el intercambio, hasta encontrar un punto óptimo de beneficio entre ambas partes.<sup>29</sup>

El matemático francés Émile Borel (1871-1956) se destaca por la realización de diversas publicaciones que realizó entre 1921 y 1927 sobre la resolución matemáticamente racionalizada de diversos juegos que hasta entonces se consideraban de azar, principalmente el póquer.

Igualmente, el alemán Ernst Friedrich Zermelo (1871-1952), se dedicó a la investigación de juegos como el ajedrez, las damas o el go y formuló el “Teorema de Zermelo”<sup>30</sup>, en donde expresa que para maximizar las posibilidades de ganar es necesario formular estrategias en relación a la búsqueda de beneficios propios y amenazas para la contraparte.

En el siglo XX, el economista austriaco Oskar Morgenstern escribe en coautoría con von Neumann *The Theory of Games and Economic Behavior*, teniendo una participación importante en la interpretación de los juegos cooperativos y no cooperativos, igualmente, denota su interés por la utilización de la teoría en áreas sociales como la economía y las finanzas.<sup>31</sup>

En 1949 el matemático estadounidense John Forbes Nash (1928- ), establece lo que se conoce como “Equilibrio de Nash”<sup>32</sup>, en el cual los jugadores emplean su “estrategia dominante” o mejor estrategia simultáneamente para lograr equilibrar

---

<sup>29</sup>Shubik Martin, *Teoría de Juegos en las Ciencias Sociales. Conceptos y soluciones*, Fondo de Cultura Económica, México, 1996, pág. 354.

<sup>30</sup>Ivorra Carlos, *La Axiomática de la Teoría de Conjuntos*, pp. 5-9, texto completo en <http://www.uv.es/ivorra/Libros/Axiomas.pdf>, consultado el 19.09.2013.

<sup>31</sup>Schotter Andrew, *Oskar Morgenstern's Contribution to the Development of the Theory of Games*, texto completo en <http://cess.nyu.edu/schotter/wp-content/uploads/2010/02/%E2%80%9COskar-Morgenstern%E2%80%99s-Contribution-to-the-Development-of-the-Theory-of-Games%E2%80%9D.pdf>, consultado el 8.08.2013.

<sup>32</sup>Osbourne Martin, *An Introducción to Game Theory*, Oxford University Press, Estados Unidos de América, 2004, pp. 21-26.

medianamente el juego. Durante la Segunda Guerra Mundial trabajó con el gobierno de Estados Unidos en la organización RAND (Research and Development)<sup>33</sup> para el desarrollo de armas y estrategias para el combate contra el régimen Nazi en Europa. En 1994 recibió el Premio de Nobel de Economía por su aportación a la Teoría de Juegos. La película *Una mente brillante*<sup>34</sup> está basada en su vida.

El economista húngaro John Charles Harsanyi, (1920-2000), aportó términos algebraicos para la delimitación del “Riesgo óptimo”<sup>35</sup> o el riesgo máximo al que se puede exponer un jugador para no perder, así como principios para la resolución de juegos con “información completa; pero, imperfecta”, o de información incompleta. En 1994 también se hizo acreedor al Premio Nobel de Economía.

John Maynard Smith (1920-2004), fue un genetista e investigador inglés especializado en biología evolutiva, que implementó los principios de la Teoría de Juegos a sus estudios denotando que incluso para la misma naturaleza la interpretación y manejo de la información adquirida puede generar un tipo de estrategia en los organismos vivos que permita la preservación de una especie.<sup>36</sup>

Erick Stark Maskin (1960- ), economista estadounidense, elaboró la “Teoría de la Implementación”<sup>37</sup>, que consiste en la creación de estrategias o mecanismos que permitan que todos los resultados posibles sean óptimos tomando en cuenta la

---

<sup>33</sup> Para mayor información consultar la página <http://www.rand.org>

<sup>34</sup> *Una Mente Brillante* [película], Ron Howard, Estados Unidos, 2001, (135) min., producida por Imagine Entertainment, son., col.

<sup>35</sup> López Ortiz Benjamín, *Teoría de Juegos*, texto completo en <http://www.economia.unam.mx/profesores/blopez/presjuegos.pdf>, consultado el 17.08.2013.

<sup>36</sup> Abramson Guillermo, *Aplicación a la Teoría de Juegos. Aplicaciones en el modelado matemático de sistemas biológicos*, pp. 17-20, texto completo en <http://fisica.cab.cnea.gov.ar/estadistica/abramson/notes/Introduccion-a-los-juegos.pdf>, consultado el 15.08.2013.

<sup>37</sup> Revista de Economía Política de Buenos Aires, *Diseño de mecanismos: cómo implementar objetivos sociales*, texto completo en [http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/economia/nuevo/publicaciones/files\\_publicaciones/Repba/9-20\\_maskin.pdf](http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/economia/nuevo/publicaciones/files_publicaciones/Repba/9-20_maskin.pdf), consultado el 22.08.2013.

factibilidad de las estrategias y que no vayan en contra de las reglas aplicables al juego. En 2007 fue galardonado con el Premio Nobel de Economía.

Leonid Hurwicz (1917-2008) fue un economista estadounidense de origen ruso pionero en aplicar los principios de la Teoría de Juegos en las Ciencias Sociales, trabajó como asesor en materia presupuestaria y en la Corporación RAND durante la década de los 50 en Estados Unidos. Hurwicz aportó la “Teoría del Diseño de Mecanismos”<sup>38</sup>, de esta manera se describe al “Mecanismo” como un sistema que compila y procesa información de los mensajes recibidos por algunos agentes que puede ser cierta o falsa, donde cada participante al buscar incrementar su ganancia, puede decidir entre enviar información falsa o mantener aquella información que le pudiera implicar una desventaja y así beneficiarse. Además plantea la posibilidad que un incentivo es capaz de crear una reacción positiva en los agentes involucrados para fomentar la transparencia de los mensajes y lograr un juego mejor equilibrado y justo.

El matemático alemán Israel Robert John Aumann (1930- ) estudió los procesos de una coalición en un juego de n-personas, basándose en la posibilidad de un juego no equilibrado, con la premisa que una coalición no es necesariamente un intercambio justo de las ganancias, sino, puede ser una estrategia con los resultados de un Juego de suma cero, que maximice las ganancias de la parte más fuerte y sin la necesidad de un conflicto<sup>39</sup>; en 2005 recibió el Premio Nobel de Economía.

Thomas Crombie Schelling (1921- ), economista estadounidense, ha realizado diversos trabajos en temas relacionados a la estrategia militar, control de armas, política energética y ambiental, cambio climático, terrorismo, política social y en la Teoría de Juegos al estudiar el conflicto y el regateo. Destaca su obra *The Strategy*

---

<sup>38</sup>Galán Figueroa Javier, *Leonid Hurwicz y la teoría del diseño de mecanismos*, [http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/349/349\\_10javiergalanok.pdf](http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/349/349_10javiergalanok.pdf), consultado el 20.08.2013.

<sup>39</sup>Davis Morton, *Teoría de Juegos. Una Introducción no Técnica*, Alianza Editorial, España, 1979, pp. 170-176.

of Conflict<sup>40</sup> en la cual considera que el conflicto es parte fundamental de las relaciones humanas ya que no siempre se pueden conjuntar los objetivos individuales, y que en todo caso no se trata de ganar a toda costa sin importar el precio sino, que la búsqueda de la opción óptima debe incluir la posibilidad de reducir al mínimo los daños y perjuicios que podrían ocasionarse entre las partes a través de la “disuasión”<sup>41</sup>. Comparte el premio Nobel de Economía con Israel R. J. Aumann.

El matemático y economista Lloyd Stowell Shapley (1923- ) también se vio envuelto en el ámbito militar y de igual manera trabajo en la Corporación RAND. Sus aportaciones surgen del estudio de los juegos cooperativos o coalicionales introduciendo el “Valor de Shapley”. Shapley estaba interesado en resolver el problema de una distribución justa del excedente entre los jugadores<sup>42</sup>, teniendo en cuenta el valor de cada coalición. En 2012 ganó el premio Nobel de Ciencias Económicas.

Reinhard Selten (1930- ), economista y matemático alemán, realizó estudios en el campo del equilibrio de los juegos no cooperativos<sup>43</sup>, así como relativos a la Teoría del conflicto y la cooperación, redefinió el Equilibrio de Nash para analizar la dinámica de la interacción no sólo entre jugadores, sino, entre estrategias. En 1994 recibió el premio Nobel de Economía.

El estadounidense Roger Bruce Myerson (1951- ) realizó investigaciones basadas en la Teoría de Diseño de Mecanismos de Leonid Hurwicz, aportando la idea de los “Mecanismos de asignación óptima de recursos”<sup>44</sup>, que se puede interpretar

---

<sup>40</sup>Crombie Schelling Thomas, *La Estrategia del Conflicto*, Editorial Tecnos, México, 1964.

<sup>41</sup>Roger B. Myerson, *Learning from Schelling's Strategy of Conflict*, texto completo en <http://home.uchicago.edu/rmyerson/research/stratofc.pdf>, consultado el 23.08.2013.

<sup>42</sup>López Fidalgo Jesús, *Teoría de Juegos*, texto completo en <http://www.uclm.es/profesorado/jesuslopezfidalgo/juegos.pdf>, consultado 25.08.2013.

<sup>43</sup>Coloma Germán, *La teoría de los juegos y el funcionamiento de los mercados*, <http://www.ucema.edu.ar/u/gcoloma/temas-coloma-juegos.pdf>, consultado el 25.08.2013.

<sup>44</sup>Revista Asturiana de Economía, *Perspectivas sobre el diseño de mecanismos en la teoría económica*, consultado el 29.08.2013.

como la administración racional de los recursos disponibles con base a la estrategia planteada a seguir, ganó en 2007 el premio Nobel de Economía.

Por último hace falta mencionar a John von Neumann, quien es la razón esencial de la aplicación de la Teoría de Juegos a este estudio. Sorprende como a pesar de la relevancia de las contribuciones que realizó a diversas áreas del conocimiento, tales como la robótica, la informática, las matemáticas, la administración, la física, la astronomía, etc., no sea públicamente reconocido como una de las mentes más brillantes del siglo XX y en la historia de la humanidad.

Para tener una idea de la figura que fue John von Neumann, Peter David Lax, matemático húngaro, comenta: “la mayoría de los matemáticos prueban lo que pueden, mientras que von Neumann prueba lo que quiere”.

John von Neumann nació en Budapest, Hungría, el 28 de diciembre de 1903, siendo el mayor de tres hermanos, en el seno de una acaudalada familia judía, lo cual propicio que desde su niñez recibiera una formación académica de calidad, así como el estímulo de unos padres que le enseñaron que tener y utilizar una mente activa era sobre todas las cosas divertido.

A la edad de 10 años ingreso al Gymnasium<sup>45</sup> Luterano de Budapest, institución donde destaco entre sus compañeros y aunque su profesor Lazlo Ratz intentó convencer a sus padres de darle clases particulares, ellos decidieron que siguiera asistiendo a clases regulares para no separarlo del contacto con niños de su edad.

En el Gymnasium, debido a su amplio intelecto, le fueron impartidas asesorías por parte de matemáticos húngaros destacados de la época como Gabriel Szego, M. Fekete y L. Fejer, lo cual marcó definitivamente su vida ya que sería el comienzo de su desbordada pasión por las matemáticas.

---

<sup>45</sup>Gymnasium es el término que se utiliza en Alemania para la escuela Preparatoria, una institución que prepara a los estudiantes para su ingreso a la universidad; palabra derivada del Gymnasium griego que era el edificio donde se preparaba a los jóvenes para las competencias olímpicas.

Al concluir sus estudios de Preparatoria ya había publicado su primer artículo en colaboración con M. Feker en la Revista de la Sociedad Matemática Alemana y fue galardonado con el premio *Eotvos* por haber obtenido el mayor puntaje en el examen de bachillerato.

A los 17 años de edad tiene que escoger que carrera estudiar y donde hacerlo, su padre insiste en que estudie una carrera más práctica debido a las oportunidades de trabajo, aunque su verdadera vocación y pasión eran las matemáticas.

Así, decide hacer ambas propuestas: estudia primero una Ingeniería Química en la Universidad de Berlín y posteriormente en la Escuela Politécnica de Zurich. Al mismo tiempo se encarga de elaborar su tesis doctoral en matemáticas para graduarse en la Universidad de Budapest.

Su tesis doctoral se enfocó en uno de los principales temas de su época, la axiomatización de la teoría de conjuntos. Publicada en 1925 logró proponer una solución al problema que resultaría de suma importancia y resaltaría su reputación de joven prodigio.

En 1926 se titula como Ingeniero Químico y se gradúa con honores de la Universidad de Budapest; casi inmediatamente comienza a trabajar como profesor visitante en la Universidad de Göttingen, en 1927 obtiene un puesto de *Privatdozenten* la Universidad de Berlín, que es la figura de un profesor pagado por sus alumnos, hasta 1929 y posteriormente en la Universidad de Hamburgo hasta 1930.

Para 1930 su trabajo matemático ya era reconocido en Europa y contaba con 33 artículos de investigación publicados; en 1929 Oskar Veblen de la Universidad de Princeton lo invita a formar parte del futuro *Institute of Advanced Studies* (IAS) y en ese mismo año viaja por primera vez a Estados Unidos, aunque por un periodo corto.

De regreso a Europa contrae matrimonio con su primera esposa, la húngara Marietta Kosevi y debido al tenso clima político previo a la Segunda Guerra Mundial decide viajar a Estados Unidos, donde en 1931 comienza a impartir clases en la Universidad de Princeton con la posibilidad de regresar a Europa en el verano.

En 1933 von Neumann recibe la oferta de trabajar de planta en el IAS exento de las obligaciones docentes. De 1933 a 1936 la IAS y la Universidad de Princeton se convirtieron en la cuna de los avances matemáticos. Genios como Brauer, Dirac, Einstein, Einsenhardt, Gödel, Pauli, Lefschetz, Tucker, Ulam, Weyl y Wigner trabajaron en dichas instituciones.

De 1933 a 1940 von Neumann publicó 28 artículos solo y en coautoría, recibiendo en 1937 el premio Böcher<sup>46</sup> por la *American Mathematical Society*.

Sus cortas estancias en Europa le ofrecen un panorama sobre el problema del ascenso Nazi en Alemania y el peligro que representa Hitler, por lo cual en 1937, poco después de adquirir la nacionalidad estadounidense se enlista con el cargo de Teniente en la reserva del ejército estadounidense para luchar en contra del nazismo europeo.

Ese mismo año se divorcia de Marietta Kosevi con quien tuvo su única hija en 1935, Marina; y en 1938 se vuelve a casar con la también húngara Klara Dan; para 1939 consigue que su madre y suegros emigren a los Estados Unidos para salvarlos de la guerra.

Comienza como consultor en asuntos de balística y explosivos en el Laboratorio de Aberdeen, Maryland, posteriormente en 1942 trabaja en colaboración con la Marina para lograr la detección oportuna de minas marinas alemanas en el

---

<sup>46</sup>El premio Böcher se otorga cada cinco años a un artículo notable en el área del análisis científico publicado en una revista de renombre norteamericana y se instituyó en honor del Profesor Maxime Böcher.

Atlántico; en enero de 1943 se traslada a Londres para estudiar el efecto de las ondas y los mecanismos que rigen el tamaño y efecto de una explosión.

En julio de 1943 regresa a Estados Unidos para trabajar en el estudio de la aerodinámica y a finales de ese año es convocado a participar en el proyecto Manhattan.<sup>47</sup>

Un año después se incorpora al proyecto ENIAC<sup>48</sup> y posteriormente al EDVAC<sup>49</sup> para la creación de una computadora que logre la mecanización de cálculos. Estos son los principios de la computación, en los cuales la computadora ENIAC necesitaba de ser reconfigurada cada vez que se empleaba. De esta problemática von Neumann planteó la idea de crear una memoria que contuviera las instrucciones matemáticas necesarias para funciones específicas almacenadas y listas para su utilización, en otras palabras lo que hoy se conoce como Software.

Asimismo, colaboró con Albert Einstein en la creación de la bomba de hidrógeno, proyecto que dejó inconcluso al percatarse de la magnitud destructiva de dicho invento. Sin embargo, a pesar de su activa vida en la milicia publicó 17 artículos de investigación más y publicó con Oskar Morgenstern el libro *Theory of Games and Economic Behavior* en 1944.

Su colaboración con la milicia estadounidense, así como su labor en el *Institute of Advanced Studies* se prolonga hasta su muerte, derivada de un cáncer de huesos

---

<sup>47</sup> Es el nombre con el que se conoce el proyecto con el que comenzó el estudio y la creación de las bombas atómicas que culminaron con el devastador y cruel ataque en Hiroshima y Nagasaki, retomado de M. C. Nuñez Alba Jorge, *Historia atómica*, versión completa en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Proyecto\\_Manhattan\\_1942-44\\_Historia\\_atomica\\_Proyecto\\_CyS\\_8nov2011\\_17897.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Proyecto_Manhattan_1942-44_Historia_atomica_Proyecto_CyS_8nov2011_17897.pdf), consultado 29.08.2013.

<sup>48</sup> Es el acrónimo de *Electronic Numerical Integrator and Computer*, la primera mega computadora que necesitaba varios cuartos, bulbos, tarjetas perforadas y varias personas para su utilización.

<sup>49</sup> Acrónimo de *Electronic Discrete Variable Automatic Computer*, computador que ya contaba con información almacenada sobre funciones básicas continuas que no necesitaban reconfiguración cada vez que se utilizaba.

detectado en 1955 debido a la exposición de radiaciones durante sus investigaciones.

La calidad de vida de von Neumann decayó lentamente hasta que finalmente fallece el 8 de febrero de 1957 a la joven edad de 54 años.

Así, el mundo se despide de una mente brillante, que dominaba con fluidez el griego, el latín, el inglés, el francés y el alemán, carismático y cálido cuentan los que lo conocieron, con una rápida habilidad para la solución de problemas dando lugar a la frase poco conocida: “Fulanito trabaja en esto, trabaja en aquello y en algo más, de seguir así acabará como von Neumann”.

El matemático Peter Lax se refiere a su deceso de la siguiente manera: “La prematura muerte de von Neumann es una tragedia. Debido a ella las matemáticas, y la ciencia en general, perdieron a un líder natural y a un portavoz elocuente y privaron a toda una generación de jóvenes de interactuar con el intelecto más fulgurante del siglo XX”.<sup>50</sup>

Retomando la Teoría, von Neumann comenzó el principio de una era fabulosa en la que sus múltiples intereses lograron la interacción entre diferentes disciplinas; por lo cual las Ciencias Sociales se han visto beneficiadas de las aportaciones de la investigación no de los juegos, sino de la interacción humana a través de la búsqueda del éxito, del progreso mutuo y de la habilidad para la resolución de problemas individualmente o en equipo.

Por ello, si bien las teorías clásicas (como el Realismo Político, la Teoría de Sistemas, Teoría de Centro-Periferia, Teoría de Interdependencia, etc.) pueden explicar de una manera muy completa la transición energética, este estudio busca

---

<sup>50</sup>Toda la información biográfica de John von Neumann se obtuvo de las fuentes: Osbourne Martin, *An Introduction to Game Theory*, Oxford University Press, Estados Unidos de América, 2004, pp. 3 y de Bromberg Shirley, *Recordando a John von Neumann*, texto completo en <http://www.miscelaneamatematica.org/Misc40/Brom-saav.pdf>, consultado el 18.06.2013.

un nuevo enfoque del tema, tomando en cuenta las necesidades emanadas de los objetivos planteados; por ello, se ha decidido la implementación de la Teoría de Juegos.

Y como se ha mencionado, la palabra “juego” no hace referencia exactamente a algún tipo de distracción o entretenimiento, es un término que se aplicó a la teoría por ser en principio un estudio de los juegos de “azar” como el póquer.

Es necesario saber, en palabras de los autores, algunos términos claros para evitar caer en ambigüedades o errores de lenguaje; así como obtener conocimientos básicos de los elementos que forman una situación de conflicto o cooperación.

En *Theory of Games and Economic Behavior* se describen los siguientes conceptos:

- Juego: es simplemente la totalidad de reglas que lo describe.
- Jugada o movimiento: son los elementos componentes de un juego. Son el momento de elección entre varias alternativas, que puede efectuar un jugador bajo condiciones precisamente prescritas en las reglas del juego.
- Reglas: son únicamente órdenes a seguir.
- Estrategia: la estrategia es elegida por los jugadores libremente, puede ser buena o mala, y cada jugador puede con discreción usarla o rechazarla.

Con estos elementos se destaca la relevancia de un cierto número de reglas que se aplican a cada situación; son principios capaces de delimitar el actuar de los actores involucrados para evitar el caos y el desorden.

En segundo lugar sobresale el valor de la elección libre, el libre albedrío de cada jugador para generar su estrategia, que dependiendo de la información que

dispone y las reglas puede tener la cualidad de ser acertada o equivocada, ya que no se puede saber totalmente la estrategia de los demás jugadores.

En el ámbito de los energéticos, cada país es libre de generar su propia estrategia, que puede ser la búsqueda y consolidación de sus reservas petroleras –o las de otros países- o el desarrollo de energías alternativas e inclusive la nula participación en el tema.

De la pequeña reseña de la evolución de la Teoría se destacan:

- la elección de posibilidades
- la interpretación de la información que se recibe y se transmite
- conocer si los demás jugadores se encuentran en contra o en la posibilidad de generar coaliciones
- la delimitación de los riesgos
- el total conocimiento de las reglas
- la transparencia con que se maneja la información
- los incentivos
- la suma de la parte racional con la parte humana al analizar las consecuencias con la posibilidad de reducir los daños propios y colectivos
- la optimización de la distribución de los recursos disponibles

## **1.2.- El sistema energético mundial**

Por el acelerado ritmo en el que ha crecido la demanda de productos y servicios, el acontecer internacional requiere enormes cantidades de energéticos diarios para poder darle continuidad a la vida económica, política, comercial, etc.

Si bien no todas las actividades a nivel global obtienen dicha energía de la misma fuente ni la consumen en la misma cantidad, la mayoría de las actividades

humanas (transporte de personas y mercancías, la industria, la construcción, la producción de energía eléctrica, la ganadería, etc.) requieren la utilización y quema de algún tipo de hidrocarburo.

Dependiendo de diversos factores, cada Estado en el mundo tiene necesidades energéticas diferentes; pero, la manera de satisfacer dichos requerimientos es relativamente parecida.

Las industrias a nivel internacional, los automóviles y los aparatos eléctricos por ejemplo, utilizan las mismas fuentes de energía en todo el mundo.

La manera en que diversos hechos, insumos y procesos se complementan para dar como resultado un servicio o producto energético conforman una “organización” a nivel global interrelacionada.

Conformando el actual sistema energético mundial, basado en la utilización de los hidrocarburos y siendo el petróleo como la base principal debido a su versatilidad. Siendo una composición tan diversificada que influyen distintos factores en los que las empresas y dichos recursos son sólo una parte de todo el sistema.

Para tener una visión más completa de lo que significa la vasta red demanda-producción-trabajo de energía a nivel mundial se debe entender la diferencia entre un sistema energético y lo que es la arquitectura energética:

- El primer término hace referente a la relación entre la utilización de recursos varios para la producción de energía, la conversión de energía en trabajo y la utilización de dicho trabajo para poder llevar a cabo las diversas funciones cotidianas de la sociedad.<sup>51</sup>

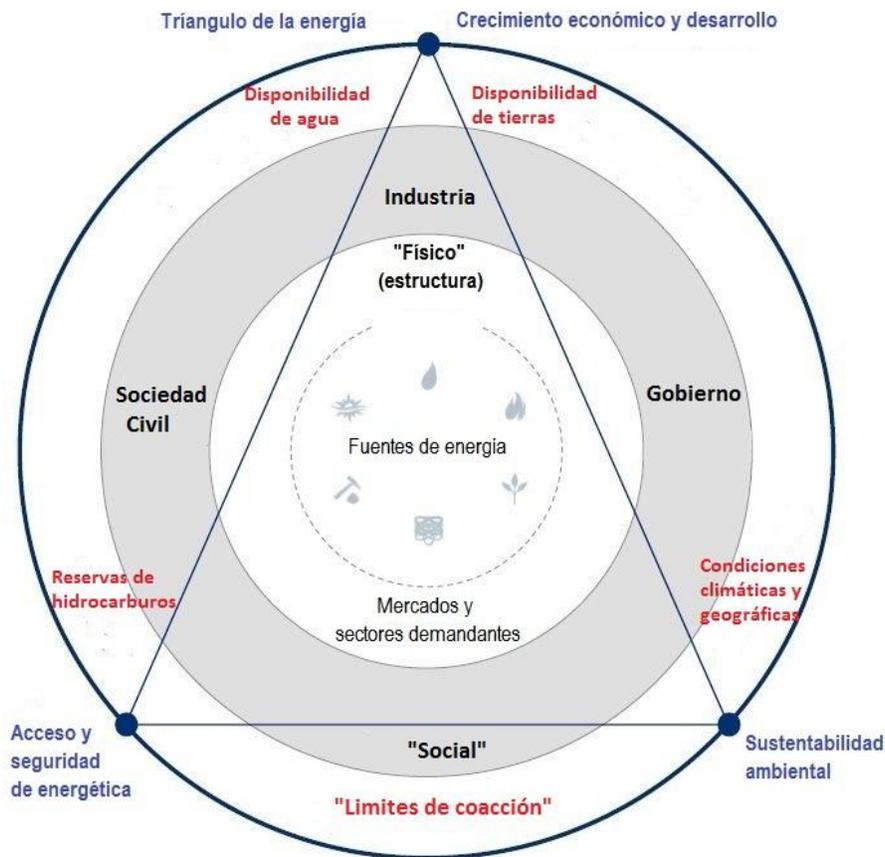
---

<sup>51</sup>World Economic Forum, *The Global Energy Architecture Performance Index Report 2013*, texto completo en [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_NR\\_NEA\\_PI\\_2012\\_SP.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_NR_NEA_PI_2012_SP.pdf), consultado el 2.10.13.

- El segundo, es la integración del sistema físico de fuentes de energía, transporte y sectores demandantes que conforman el gobierno, la industria y la sociedad civil.<sup>52</sup>

Si bien las definiciones mencionadas son breves, los factores que determinan las funciones del sistema y la arquitectura energética incluyen la disponibilidad de terreno, la demanda, el acceso a los recursos naturales, el crecimiento económico, etc., tal como se muestra en el diagrama 1:

**Diagrama 1 Factores en la composición de la arquitectura energética**



Fuente: World Economic Forum<sup>53</sup>

El análisis del diagrama denota dos factores cruciales para abordar el tema, el primero es que existen diferentes formas de producir energía; más, la fuente

<sup>52</sup> *Ibidem*

<sup>53</sup> *Ibidem.*

energética principal actual son los carburantes y que el resto de dichas fuentes, son limitadas debido a que su potencial energético aún no se compara con la energía que pueden producir el petróleo, el gas o el carbón.

La segunda es que ninguna nación cuenta con el nivel de recursos naturales y medios actualmente para la autosuficiencia energética. Por ejemplo, Estados Unidos o Rusia tienen una gran inversión y tecnología en cuanto a la exploración y explotación de pozos petroleros; sin embargo, sus recursos naturales son limitados en comparación con Medio Oriente, en donde el entorno político dificulta el acceso a estos recursos.

De tal manera que las Relaciones Internacionales se ven influenciadas por las acciones de los diversos actores en la producción de petróleo, gas y carbón. Así que la formulación de estrategias para lograr sus objetivos sea la base de la toma de decisiones.

La manera en que se crean estrategias para mantener o cambiar el sistema y la estructura organizacional con base a los energéticos de origen fósil, conlleva a las naciones y compañías a actuar a través de publicidad, estadísticas, informes, e inclusive de enfrentamientos bélicos por el control de estos recursos, estrategias que podrían llegar a convertirse en los conflictos que determinen el futuro a corto plazo.

Además, que los actores internacionales involucrados aumentan, por lo tanto, se incrementa la demanda y a su vez se acelera el declive en las cifras de yacimientos, teniendo como resultado un aumento en la lucha por el control de las reservas a través de diversos medios.

Ejemplos de conflictos donde el punto central ha sido la disputa por el control del petróleo y el gas son los siguientes: la Segunda Guerra Mundial, en la cual los alemanes, en el frente oriental, quisieron llegar hasta el Cáucaso soviético, donde se localizan los ricos campos

petroleros de Bakú y el Mar Caspio; la guerra entre Irán e Irak en la década de los ochenta; la Guerra del Golfo Pérsico en enero de 1991; y la guerra civil en Angola, la cual se recrudeció a principios de los noventa a pesar de que las partes en conflicto habían llegado a un acuerdo de paz. Otros conflictos petroleros son los de Somalia, en 1993, que enfrentó al ejército local con estadounidense; el de la República de Yemen, un país que se dividió de nueva cuenta en mayo de 1994, cuando grupos antagónicos empezaron a disputarse el poder, el de las Islas Malvinas entre ingleses y argentinos, y finalmente, el de Ecuador contra Perú. Por último, en esta misma categoría de guerras petroleras están las de Kosovo, en 1998, y la de Afganistán, en 2001.<sup>54</sup>

Una de las principales ciencias que ayuda los gobiernos de cada nación desde la Primera Guerra Mundial a la conformación de estrategias es la Geopolítica, la cual se basa esencialmente en el conflicto y la guerra, teniendo como objetivo final la supervivencia del Estado-nación, siendo un concepto que se acopla al tema con un término de reciente proliferación: “Seguridad Energética”, el cual se analizará más adelante.

Aunque en el entorno internacional del siglo XXI, las estrategias relativas a los carburantes se deben adaptar a las condiciones no sólo de ganancia, sino a la de la continuidad del negocio y la supervivencia no de un único Estado-nación.

El rol fundamental que desempeñan los energéticos fósiles en el mundo globalizado es una realidad innegable, no sólo como materia prima, sino en cuanto a la relevancia política-económica-militar. Si cada aspecto de la vida se encuentra sujeto a estos recursos, se les debe de dar un enfoque mucho más adecuado, no como una mercancía, sino como parte del presente y futuro de la humanidad.

Con el fin de la Segunda Guerra Mundial, cualquier duda sobre la supremacía del petróleo en el orden energético, o sobre el papel que el crudo desempeñaría en la economía global de la posguerra había quedado enterrada. Crucial en tiempos de guerra, el petróleo era ahora el eje de la prosperidad de la posguerra, la verdadera moneda del poder geopolítico. El carbón podía producir todavía más energía total; pero, el petróleo

---

<sup>54</sup> García Reyes Miguel y Ronquillo Jarillo Gerardo, *Estados Unidos, petróleo y geopolítica. Las estrategias petroleras como instrumento de reconfiguración geopolítica*, Plaza y Valdés Editores, México, 2005, pág. 75.

impulsaba los barcos y aviones, los trenes de mercancías y automóviles sobre los que se basaba, cada vez más, el dominio militar y comercial.<sup>55</sup>

Una de las características del sistema energético derivado de la segunda posguerra –a partir de 1950- es poder reducir costos para la transformación de recursos en energía, por ello el petróleo se convirtió en la base de todo el sistema productivo; relativamente abundante, fácil de extraer y comerciar, conformando una simbiosis con el entorno económico-político desde esa época hasta la actualidad.

La interrelación del sistema energético con el sistema económico ha provocado que el proceso productivo mundial determine que el escenario energético se encuentre a merced de dos posibilidades económicas principales:

- La primera, derivada de la ley de acumulación de capital continua, la cual resulta imparable, pues, en el momento que se reduce la actividad productiva, las ganancias decaen y se colapsa el funcionamiento económico; lo que conlleva, a pesar de la optimización energética, a un incremento continuo del consumo de energía para evita la desaceleración de la economía y por lo tanto se elevaran los precios.
- La otra, por el principio de competencia en el comercio internacional, que propicia que la externalización de los costes de producción, en forma de libre emisión de gases a la atmósfera, forme parte de la ventaja comercial para abaratar los precios de los productos. De tal forma que si una persona pagase el costo real de una calabaza, derivado de la contaminación que produce el cosecharlo, su precio sería exorbitante.

Es natural pensar que una empresa busque la maximización de ganancias a través del mercado de los carburantes por sus diversas ventajas -el cual en vez de

---

<sup>55</sup> Roberts Paul, *El fin del petróleo*, Ediciones B, España, 2004, pág. 59.

reducirse se volverá más fructífero conforme disminuyan las reservas-; aunque, es necesario pensar a qué costo se está dispuesto a continuar un sistema eficiente a corto plazo que podría tener muchas deficiencias y repercusiones a mediano y largo plazo.

Si la principal fuente de energía en una casa, un edificio, una ciudad, un país o el mundo, proviene de recursos que no son renovables, es objetivo considerar que se pretenderá hacer a corto, mediano y largo plazo para asegurar la continuidad de la obtención de energía.

Obviamente que los involucrados (empresas privadas y gobiernos) en el tema cuentan con un “plan B” en caso de declinarse el nivel explotable y rentable de los hidrocarburos, a pesar de que no se hagan públicos o se afirme este fenómeno; lo difícil será contrarrestar los efectos posibles producidos de la quema de más del 50% del gas natural, del petróleo y del carbón.

Entonces, sí es posible el fin de la era de los hidrocarburos y el declive de la civilización tal y como se conoce, ¿las posibilidades alternas existentes pueden llegar a abastecer el requerimiento energético necesario para la humanidad o cuáles son las opciones energéticas con las que cuenta el mundo?

### **1.3.- El posible fin de la Segunda Revolución Industrial y de la era de los hidrocarburos**

Ahora, en todo este contexto, resulta necesaria la administración y control de los carburantes para el crecimiento económico de un país, tal es el ejemplo de los países emergentes como el de los llamado grupo BRICS<sup>56</sup>, que se van integrando

---

<sup>56</sup>El denominado grupo BRICS, formado por Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, constituye el grupo de países más adelantados entre los Estados con economías emergentes; estos cinco países reúnen al 43 por ciento de la población mundial y acumulan el 25 por ciento de la riqueza, generando el 56 por ciento del

al escenario internacional para buscar posicionarse en los mercados y el acontecer político.

Hecho que no necesariamente representa un avance del sistema mundo actual, sino que podría significar un golpe más para el futuro de las energías convencionales, porque existirán más jugadores que competirán por obtenerlas y menor cantidad de las mismas, lo cual puede derivar en un juego menos controlado con posibles inconvenientes a largo plazo.

El desarrollo científico y tecnológico que logró apuntalar a la globalización como el método de crecimiento a corto plazo por excelencia y que consolidó la era de los hidrocarburos conforme su utilización, escaló hasta resultar indispensable para sustentar el nuevo estilo de vida, así como para la conformación de los nuevos imperios en las esferas políticas mundiales, y se ha convertido un proceso que aún continúa en pie, tambaleándose; pero, en pie.

La crisis internacional del 2008 denotó que la inviabilidad a mediano y largo plazo del actual sistema y arquitectura energética sustentados en los hidrocarburos es muy probable; sin embargo, con la idea de que el sistema debe tener fluctuaciones los actores como el Fondo Monetario Internacional (FMI) o el gobierno de los Estados Unidos se han dado a la tarea de hacer creer que es sólo un lapso y que la historia define que “después de la tormenta llega la calma”.

Declarando que se superó la crisis de 1929 y la caída de Wall Street, que el déficit de abastecimiento petrolero de los años 70, 80 y 90 del siglo XX conllevó a una nueva era de prosperidad y sobre todo lo que no quieren aceptar públicamente es, que las consecuencias del reciente declive económico del 2008 han sido más

---

crecimiento económico registrado en el mundo en los últimos años. El comercio entre los países del grupo crece a un ritmo del 28 por ciento anual y es ya de unos 230.000 millones de dólares, con vistas a llegar a 500.000 millones en 2015. Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación de España, *Países BRICS*, <http://www.exteriores.gob.es/PORTAL/ES/POLITICAEXTERIORCOOPERACION/PAISESBRICS/Paginas/InicioBrics.aspx>, consultado el 3.10.2013.

duraderas, que aún no han acabado y que la próxima crisis mundial será más fuerte y extensa.

Es obvio que el camino al desarrollo debe tener altibajos para llegar a una época “dorada” de prosperidad en donde si bien no se puede esperar que sea eterna, al menos debería tener un periodo de estabilidad seguido de uno nuevo de alza y recuperación; en vez de uno de caída seguido de un periodo de estabilidad relativa para llegar a un nuevo punto de crisis cada vez más profundo.

De tal manera que no se ha pronosticado el final de la Segunda Revolución Industrial<sup>57</sup>; más, se observa que se hace presente su deceso mientras el sistema energético no tienda a buscar un cambio paulatino y constante.

Por lo que, el desarrollo que surgió a finales del siglo XX y comienzos de XXI en torno a diversos sectores como las telecomunicaciones, la industria y la medicina por ejemplo, no debe ser considerada una nueva Revolución Industrial, ya que se encuentra sujeta a un régimen energético obsoleto; la implementación de nuevas tecnologías necesita una nueva infraestructura comunicativa-energética que sea capaz de producir una curva de crecimiento a largo plazo que acentúe las bases de una nueva era económica.<sup>58</sup>

Se puede sumar también el hecho de que una vez consumido la mayor parte del petróleo y el gas natural, las grandes megaestructuras como torres, oleoductos y refinadoras tenderán a dejar de funcionar. Basado no sólo en las premisas de que ya no representarán un incentivo económico, suponiendo también que si en las inversiones contemporáneas no contemplan la modernización de estos inmuebles, menos contemplará su desmantelamiento y serán olvidados.

---

<sup>57</sup>La 1ª Revolución Industrial fomentó el uso del carbón, mientras que la 2ª se basó en el uso extenso del petróleo y el gas natural.

<sup>58</sup>Rifkin, Jeremy, *La Tercera Revolución Industrial, cómo el poder lateral está transformando la energía y cambiando el mundo*, Paidós Ibérica, España, 2011, pág. 38.

Tal es el caso de Sand Island, después de la desaparición de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), explicado por Paul Roberts:

Veinte años atrás, esta isla de 121 hectáreas era la niña bonita de la industria petrolera soviética, con un sin fin de pozos surtidos y gruesos oleoductos que cruzaban las aguas hasta las refinerías de Bakú. Entonces la producción de crudo alcanzó su nivel máximo, el flujo disminuyó y Sand Island se sumió en la profunda decadencia industrial que Hollywood trata de reproducir exactamente invirtiendo millones de dólares. Oleoductos oxidados flaquean carreteras. Edificios desiertos, algunos de ellos exhibiendo aún la estrella roja soviética, se caen a pedazos. Barriles viejos, fragmentos de máquinas rotas y camiones estacionados de forma permanente invaden el terreno, mientras que a poca distancia de la costa una hilera de gigantescas torres de perforación de color orín, la mayoría de ellas abandonadas, se aleja hacia el horizonte.<sup>59</sup>

Hecho que se podría ver reflejado en todos los países del mundo que gozan de reservas petroleras, eso si se le puede sumar la inflación, los estragos producidos de posibles intervenciones militares, la nula responsabilidad social de las empresas transnacionales, los estragos climáticos y ambientales, etc.

El petróleo es una sustancia finita, y en algún momento, así como las reservas de Sand Island han disminuido, todo el petróleo que se está descubriendo en el mundo ya no sustituirá al crudo que se ha extraído y la producción mundial tocara techo. Las compañías y los Estados petroleros tendrán cada vez más dificultades para mantener sus actuales niveles de producción, y aún más para satisfacer un consumo creciente. La demanda volverá a superar a la oferta y los precios subirán.<sup>60</sup>

Si es difícil inclusive llegar a pronosticar el momento en el que el pico del petróleo a nivel mundial se hizo o se podría hacer real, con mayor razón será complejo delimitar el momento del posible fin de la era de los hidrocarburos; sin embargo, uno de los indicadores más confiables es la subida en los precios del petróleo a nivel mundial por barril.

---

<sup>59</sup> Roberts Paul, *El fin del petróleo*, Ediciones B, España, 2004, pág.65.

<sup>60</sup> *Ibidem* pág. 67.

Sólo hace falta analizar que para el año de 1998 el precio del petróleo oscilaba entre los 11 dólares por barril; para el año 2004 el precio se incrementó casi en 450% llegando a los casi 50 dólares por barril y llegando a los más de 100 dólares en 2008.<sup>61</sup>

Se observa que con una menor producción de combustibles fósiles y una mayor demanda, los precios naturalmente tienden a incrementarse.

Algunos geólogos “optimistas” consideran que la tasa máxima de extracción del petróleo sucederá entre 2025-2055 y por el otro lado, los “pesimistas” proyectan que sucederá entre 2010-2020.<sup>62</sup>

La Agencia Internacional de Energía (AIE), en su informe *World Energy Outlook 2010* declaró que probablemente dicha tasa de extracción o pico del petróleo se haya alcanzado en el año 2006 causando un profundo impacto en los negocios que dependen del crudo.<sup>63</sup>

Para el año 2006 existía una tasa de extracción de 70 millones de barriles diarios a nivel mundial; según la Agencia Internacional de Energía para mantener una producción constante cercana a los 70 millones de barriles al día sería necesaria una inversión de 8 billones de dólares desde el año 2006 hasta el 2031 para exploración, perforación y extracción de los pozos existentes.<sup>64</sup>

Sin embargo, para el año 2012 la demanda mundial era de más de 80 millones de barriles diarios y el nivel de demanda tenderá a incrementarse con el aumento de la población mundial.

---

<sup>61</sup>Savinar Matt, *Peak oil and the collapse of society*, pág.22, texto completo en <http://www.librosorevistas.com/s/-pdf.html>, consultado el 17.08.13.

<sup>62</sup>Rifkin, Jeremy, *Op. Cit.*, pág. 30.

<sup>63</sup>*Ibidem*, pág. 31.

<sup>64</sup>*Ibidem*, pág. 31.

Eso suponiendo que a ese ritmo de extracción el petróleo recuperable durará hasta el 2031 y que los precios resultasen accesibles para que fuesen consumidos.

Entonces, si el panorama parece tan poco alentador para los energéticos de origen fósil en el futuro no tan lejano, ¿qué propicia que los gobiernos y las empresas no admitan públicamente la cercanía al punto máximo del Pico del petróleo y deseen continuar inyectando dinero a un negocio que parece tener un final ya pronosticado?

#### **1.4.- El petróleo y la Teoría de Juegos**

La razón primaria por la cual en el “juego de los energéticos” la continuidad del sistema actual es una prioridad, se debe a la acumulación de riqueza, el objetivo final del sistema neoliberal<sup>65</sup> caracterizado por la manipulación de la información.

La Teoría del Diseño de Mecanismos de Leonid Hurwicz denota que el manejo de la información es una de las fuentes principales de manipulación de las reglas y posiblemente de los demás jugadores.<sup>66</sup>

Vale la pena pensar qué pasaría si ahora, en el 2013, la AIE se atreviese a divulgar que sólo existiesen reservas de petróleo de fácil extracción para los próximos 10 años a nivel internacional y que el petróleo que se pudiese conseguir después de esos 10 años será tan difícil de obtener que sus precios serán exorbitantes y económicamente inviables.

---

<sup>65</sup> El Diccionario de la Real Academia de la Lengua en línea lo define como: Teoría política que tiende a reducir al mínimo la intervención del Estado.

<sup>66</sup> *Supra* pág. 34.

Se podría esperar o suponer, que los precios de los combustibles podrían dispararse, los gobiernos tenderían a cambiar sus cifras sobre el nivel de reservas comprobables con las que cuentan para apoderarse del mercado petrolero mundial o bien para ocultar sus verdaderos niveles de yacimientos para esperar a que los precios se incrementarán paulatinamente.

El crecimiento de los países en vías de desarrollo se vería afectado al tener que competir por los combustibles disponibles frente a los países ya desarrollados, las nacionalizaciones petroleras tenderían a incrementarse afectando los intereses de las empresas privadas las cuales se defenderían para evitarlo, etc.

Una estrategia que se ha ocupado mucho es la proliferación del eufemismo<sup>67</sup> y la doble moral. Es una falacia suponer que una empresa se declare “socialmente responsable” mientras libera cantidades enormes de gases de efecto invernadero; pero, que las soluciones tecnológicas y las mejorías en la calidad de vida no sean compartidas a nivel mundial para ser de verdad socialmente responsable.

A veces se contempla que los problemas son generados por países altamente industrializados y que posiblemente ellos sean los pioneros en las soluciones también, o al menos eso han tratado de mostrarle al mundo al suponer que tiene la información “correcta”.

Un ejemplo concreto del manejo de la información como estrategia energética es el Protocolo de Kioto<sup>68</sup>, el cual tiene por objetivo la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, que si bien fue apoyado por la comunidad

---

<sup>67</sup> Por ejemplo, los términos económicos como la desaceleración, el crecimiento negativo o la recesión se pueden calificar como sinónimos de déficit en el contexto económico actual.

<sup>68</sup>El Protocolo de Kioto es un acuerdo internacional que se deriva de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Fue negociado en 1997 y pretende que 37 países desarrollados reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 5 por ciento para el año 2012, con respecto a sus niveles de emisiones de 1990. De *Protocolo de Kioto*, texto completo en <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Energia-y--cambio-climatico/COP16/Antecedentes/Protocolo-de-Kioto/>, consultado el 18.08.2013.

internacional, los países que son los mayores consumidores de energías fósiles no lo adaptaron a sus políticas gubernamentales para evitar el detrimento de su producción industrial.

Como dice Joe Romn, ex subsecretario de energía de Estados Unidos, "si el gobierno estadounidense mencionara la posibilidad de que la producción mundial de petróleo podría alcanzar su nivel máximo en 2020, por ejemplo, no sólo tendría una influencia enorme y muy negativa en las bolsas, sino que además obligaría básicamente a Estados Unidos a adoptar bruscamente una política que pusiera el acento en la eficiencia energética y las energías alternativas.<sup>69</sup>

Aquellos quienes no sólo poseen la información, además creen tener la facultad de publicarla y ratificarla, han tratado de modificar el lenguaje usado en las Relaciones Internacionales; las intervenciones militares o las campañas sucias incluso entre empresas se justifican, se codifican y los términos como Seguridad Energética se vuelven un eje fundamental de las políticas de cada Estado.

Sin embargo, el término de Seguridad Energética representa un enfoque subjetivo y dispar debido a que la seguridad para unos, es un riesgo potencial para otros.

Para Francia, Italia y hace poco para Japón, el desarrollo y la utilización de uranio en diversas centrales nucleares era su fuerte en materia energética; sin embargo, para países como Corea del Norte o Irán la investigación en centrales nucleares representan un riesgo bélico potencial y han sido atacados por medio de discursos políticos, restricciones a sus exportaciones o importaciones, así como intromisiones bélicas por países como Estados Unidos o Reino Unido quienes poseen abiertamente armas nucleares (parte de la doble moral que se mencionó anteriormente).

La definición del concepto de Seguridad Energética no es clara debido a que se puede interpretar de diversas maneras dependiendo a favor de quien o quienes se

---

<sup>69</sup>Roberts Paul, *Op Cit.*, pág. 87.

pretenda utilizar, aunque a partir de conocer el origen, se puede analizar con mayor facilidad tanto en el discurso político como en la práctica.

El concepto de Seguridad Energética surge en la década de los años 70 del siglo XX en Estados Unidos por dos razones principales, la primera derivada del pico de petróleo estadounidense durante esta década pronosticado por el geofísico M. King Hubbert y la segunda, derivada del embargo petrolero por parte de los países integrantes de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) durante la misma época; impactando el mercado mundial de energéticos de tal forma que el precio subió de los 3 dólares por barril de petróleo antes del embargo a más de 30 dólares para el año de 1978.<sup>70</sup>

Provocando una reestructuración del entorno internacional para poder asegurar el abastecimiento continuo de energéticos para los países afectados por dicho fenómeno, y con ello el surgimiento de este concepto. Así, al ser un tema de interés para otras naciones también, el concepto se adoptó y se agregó a las nuevas necesidades de cada Estado y ahora forma parte de los ejes centrales de la política internacional.

Es de suponer que los requerimientos energéticos de China, Estados Unidos o la India no son los mismos que en el Congo, Filipinas o Kazajistán; sin embargo, la Seguridad Energética debe ser un tema de mayor conjunción y no de conflicto.

Crombie Schelling en su obra *La Teoría del Conflicto*, provee de una herramienta fundamental para la negociación: la disuasión; interpretándola no como un mecanismo de “control mental” para persuadir a la contraparte de rendirse, sino como una mediación y un método para modificar los objetivos individuales en objetivos colectivos para un mayor beneficio de la mayoría de los jugadores.<sup>71</sup>

---

<sup>70</sup>García Reyes, Miguel, *La seguridad energética en el siglo XXI. Los nuevos actores, el gas natural y las fuentes alternas de energía*, García Goldman Karonovsky Editores, México, 2009, pág. 68.

<sup>71</sup>*Supra* pág. 34.

Además, la estrategia por excelencia o elegida debe tener la idea básica de la Teoría de la implementación de Stark Maskin. Que las estrategias posibles a seguir deben de ser óptimas, es decir, que sean las que aporten menores pérdidas y riesgos, que pueden no asegurar la cantidad máxima de las ganancias; pero, sean capaces de mantener la continuidad del juego.<sup>72</sup>

Esa estrategia óptima no sólo es la que pueda presentar un mayor beneficio individual, debe aportar la acción y resultados favorables de la mayoría de sus involucrados a través de diversos medios conjuntos.

Los problemas, cuando son conocidos y estudiadas sus causas, son objetivamente más fáciles de resolver que cuando llegan y, sin profundizar en ellos, se adoptan medidas y se toman iniciativas, producto de la situación puntual de la moda pasajera o el impulso subjetivo, en vez del análisis y el estudio pormenorizado... No es serio, no es lógico, no es comprensible que en las últimas décadas, especialmente después del principio de los años setenta y todavía más en las décadas de 1980 y 1990, y actualmente en pleno siglo XXI, no haya un debate energético riguroso.<sup>73</sup>

Aunque, antes de poder conocer las opciones es indispensable conocer el “tablero” del juego; es decir, el comportamiento del mercado mundial de energéticos, sus puntos débiles y las posibles oportunidades, los riesgos, los lugares o regiones apropiadas para invertir y por supuesto a los actores o jugadores involucrados.

### **1.5.- Análisis del mercado de los carburantes: la maximización de las ganancias (2007-20013)**

Tener reservas de hidrocarburos comprobadas no asegura que un país será un actor fuerte en el escenario energético internacional, la manera en que se administran dichos recursos es el factor fundamental capaz de caracterizar y

---

<sup>72</sup>Supra pág., 33.

<sup>73</sup>Lastortras, Rosell, *¿Y después del petróleo qué?*, Editorial Deusto, España, 2007, pág. 11.

diferenciar a los países productores y exportadores de los que sólo tienen reservas, así como se puede dividir a los que poseen “riqueza explotable” de los que se les “explota la riqueza”.

Resaltando la importancia de la obtención, interpretación y manipulación de la información se debe tener presente que no sólo es una herramienta más en el juego de los hidrocarburos.

Aquellos que conozcan la manera en que los actores y los niveles de consumo-demanda se mueven en el escenario internacional sabrán con mayor capacidad analítica que decisiones deberán tomar para maximizar sus beneficios.

Es como la “piedra filosofal” capaz de convertir las piedras en oro; es la clave para poder determinar la estrategia a seguir, cuando debe ser aplicada o frenada y sobre todo, como es posible que genere mayor ganancia a corto, mediano y largo plazo.

**Tabla 1 Comportamiento de la demanda, producción, y precio del petróleo del año 2006 al 2013**

Demanda de petróleo a nivel internacional mbd (millones de barriles diarios)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MBD	84.7	85.2	84.7	84.0	86.7	87.8	88.9	89.6
Producción de petróleo a nivel internacional mbd (millones de barriles diarios)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MBD	84.6	84.3	84.6	83.3	85.7	87.5	89.7	90.1
Precio del petróleo a nivel internacional por barril (dólares)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
USD	61.7	69.33	97.19	60.40	78.10	---	---	---

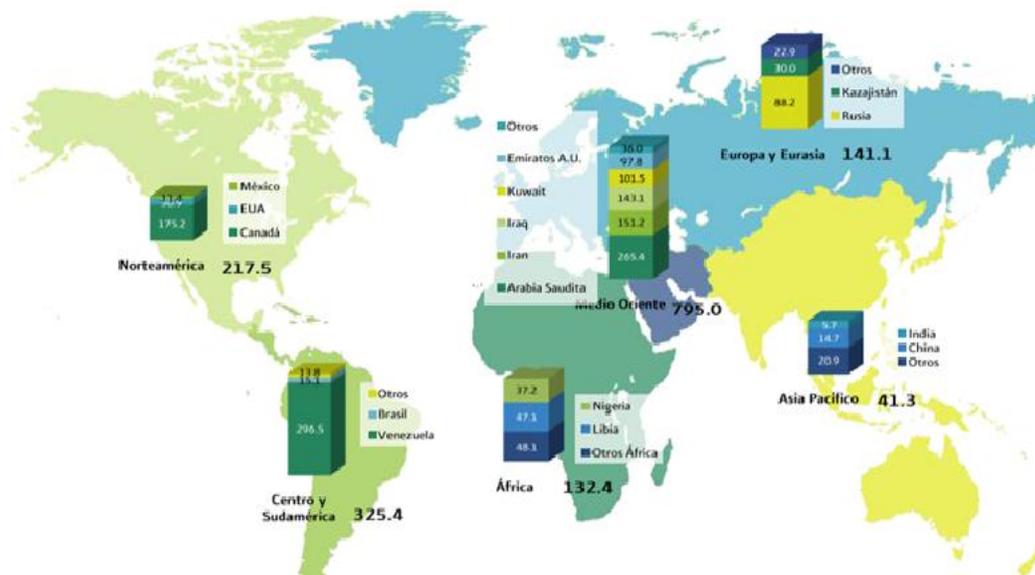
Elaboración propia con datos del World Energy Outlook de la AIE, la ALADI, BP, OPEP y Texaco (2006-2013), 2014.

Los datos mostrados en la tabla 1 concuerdan con el análisis de las tendencias del Pico del petróleo; los niveles de producción comienzan a declinar mientras que los indicadores de su precio y demanda tienden a incrementar de tal forma que en las próximas dos décadas se podría esperar un comportamiento similar y en aumento.

Igualmente cabe resaltar que el conocimiento de las cifras exactas faltantes en la tabla anterior se puede conocer y se encuentran en informes oficiales; más, se debe pagar por dicho conocimiento ya que las versiones completas de estos documentos oficiales tienen un costo monetario.

El conocimiento con base a la relación existente entre el nivel de reservas comprobadas, la producción y el consumo de los hidrocarburos a nivel internacional puede ayudar al investigador a tener una predicción sobre la forma en que podrá llegar a conformarse el mercado en el futuro.

**Imagen 1 Reservas probadas de petróleo por región al año 2011 (miles de millones de barriles)**



Fuente: PEMEX, Secretaría de Energía.<sup>74</sup>

<sup>74</sup>Prospectiva de petróleo crudo 2012-2026, pág. 22. Texto completo en [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PPCI\\_2012\\_2026.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PPCI_2012_2026.pdf), consultado el 30.12.2013.

La imagen 1 muestra que existe petróleo todavía al parecer para muchos años más y que por lo tanto el valor monetario del petróleo, del gas y del carbón no disminuirá, sino que tenderán a incrementarse e inclusive en los estudios publicados por la BP, la AIE, etc., se declara que el abastecimiento futuro de energía no decrecerá ni se verá modificado.<sup>75</sup>

Por modificado se debe entender que estas declaraciones aseguran que a pesar del ritmo acelerado de explotación de estos energéticos el suministro de energía no se verá desfavorecido, es decir, reducido.

El único argumento faltante en estas declaraciones es asegurar por cuánto tiempo aproximadamente se pronostica se podría abastecer la demanda, además de aclarar si esa energía será suficiente para cada ser humano en la Tierra o será únicamente para quienes puedan llegar a pagar su precio y adquirir además los productos y servicios que consuman dicha energía.

Más el mercado “real” de los hidrocarburos parece contradecir dichas afirmaciones sobre el abastecimiento de la energía; declaraciones y cifras las cuales con un estudio riguroso de varios documentos oficiales de empresas públicas, privadas, gubernamentales y no gubernamentales incluso llegan a contradecirse.

Aunque, el petróleo no es el único hidrocarburo que presenta estas características, de manera tal se puede observar en la tabla 2 y 3 como tanto el carbón y el gas natural siguen este comportamiento; es decir, una desigualdad entre el mayor nivel de demanda y un menor nivel de producción.

Por lo que tampoco pueden representar una solución verdadera a la problemática energética y mucho menos ayudar a reducir el deterioro ambiental.

---

<sup>75</sup> *Ibidem.*

**Tabla 2 Comportamiento de la demanda y producción de gas natural del año 2006 al 2013**

Demanda de gas natural a nivel internacional bmcd (billones de metros cúbicos diarios)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
BMCD	2,916	3,049	3,149	3,076	---	---	---	---
Producción de gas natural a nivel internacional bmcd (billones de metros cúbicos diarios)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
BMCD	2,959	3,042	3,167	3,051	---	---	---	---

Elaboración propia con datos del World Energy Outlook de la AIE, la ALADI, BP y Texaco (2006-2012), 2014.

Lo adverso de estas declaraciones es que los yacimientos de gas y petróleo comprobado no durarán mucho, y que los yacimientos de las profundidades, o no convencionales, podrían no ser energéticamente recuperables.

Por no energéticamente recuperables, se hace referencia que será más costoso las exploraciones, las perforaciones, la utilización de equipo especializado para una tarea cada vez más compleja y obsoleta al mismo tiempo.

Es primeramente necesario saber que cada barril de petróleo se determina una cantidad "X" de valor calórico, que tiene un potencial energético neto o total; después se deben tener pasos a seguir para la obtención de ese barril de petróleo, primero se explora, luego se perfora, se extrae, se transporta, se refina y se distribuye.

Todo este proceso requiere de una cantidad de energía "Y" para poder ser completado, entonces, la diferencia cuantificada entre cuanta energía se requiere para la obtención de ese petróleo y cuanta energía posee ese barril de petróleo

extraído se conoce con el término de “Energía Devuelta sobre Energía Invertida” que se ejemplifica con la ecuación  $Y-X=Z$ , donde Z representa la energía obtenida. Esta cuantificación se mide en un rango de 30 a 1. Para tener aún más claro la idea sobre si es rentable económicamente el negocio de los hidrocarburos se ejemplifica que en la década de los 90 (del siglo XXI), el rango era aproximadamente 5 a 1; más en los próximos 10 años a partir del 2013 el rango puede llegar a ser 1 a 1.<sup>76</sup>

Es decir, que en la década de los 90 se obtenían 5 barriles de petróleo por cada barril que se invertía en el proceso antes descrito, en los próximos año sería invertir un barril para obtener un barril, y lo más seguro es que en el futuro no muy lejano sea energéticamente inviable obtener petróleo con máquinas que funcionen con petróleo.

**Tabla 3 Comportamiento de la demanda y producción de carbón del año 2006 al 2013**

Demanda de carbón a nivel internacional mtcd (millones de toneladas de carbón diario)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MTCD	4,362	4,548	4,736	4,705	---	---	---	---
Producción de carbón a nivel internacional mtcd (millones de toneladas de carbón diario)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MTCD	4,396	4,584	4,880	4,928	---	---	---	---

Elaboración propia con datos del World Energy Outlook de la AIE, la ALADI, BP y Texaco (2006-2012), 2014.

<sup>76</sup>Savinar Matt, *Peak oil and the collapse of society*, pág. 8-9, texto completo en <http://www.librosorevistas.com/s/-pdf.html>, consultado el 17.08.13.

Algunos análisis más pueden resultar engañosos por la forma en la que los datos son presentados, usualmente las empresas suelen manejar los datos por regiones o clasificaciones no individuales para atribuirle ciertas características a toda una región o conjunto de países.

Algunos datos separan países OPEP de los no-OPEP, OCDE<sup>77</sup> de los no-OCDE o desarrollados de los en vías de desarrollo, dificultando un poco el análisis ya que los criterios sobre qué países son incluidos en cada grupo pueden variar y con ello los resultados.

Estados Unidos y China son los mayores importadores de crudo a nivel internacional debido a que no cuentan con los recursos suficientes para su autosuficiencia energética; sin embargo, en los datos Estados Unidos se complementa con América del Norte de tal forma que sus reservas no parecen tan pequeñas a pesar de que su pico del petróleo individual se alcanzó en la década de los 70, y China a su vez al adherirlo con los Tigres Asiáticos y el resto de Asia-Pacífico denota un crecimiento en su reservas y un ambiente político-económico más estable a pesar de que las dos gasolineras más grandes del país tengan una guerra sucia por el control del mercado interno.

Así que una de las vías más productivas es la conformación de coaliciones a diferentes niveles de la estructura energética para darle vida al sistema energético.

Fenómeno que posiblemente se incrementará en los años próximos y del cual aquellos que no busquen una alianza podrán verse totalmente excluidos de la “última partida” en el juego de los hidrocarburos.

En 1995, Petroconsultans Pty., Ltd., una firma sobre el análisis y consulta de la industria del petróleo en el mundo, publicó un documento llamado “Suministro

---

<sup>77</sup> Siglas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

Mundial de Petróleo: 1930-2050". Documento que costó en su momento 32, 000 dólares por copia, en él se hacía énfasis en el cercano detrimento de la producción del llamado oro negro. Después de este reporte las fusiones entre empresas petroleras se intensificaron denotando la importancia de conjuntar esfuerzos para hacer frente al Pico del petróleo:<sup>78</sup>

- Diciembre de 1998: British Petroleum y Amoco se fusionan.
- Abril de 1999: BP-Amoco y Arco acceden a fusionarse.
- Diciembre de 1999: Exxon y Mobil se fusionan.
- Octubre de 2000: Chevron y Texaco acceden a fusionarse.
- Noviembre de 2000: Russia's Lukoil anuncia la compra de Getty Petroleum.
- Noviembre de 2001: Phillips Petroleum y Conoco acceden a fusionarse.
- Septiembre de 2002: Shell adquiere Pennzoil-Quaker State.
- Febrero de 2003: Devon Energy adquiere Ocean Energy.
- Marzo de 2003: Frontier Oil y Holly acceden a fusionarse.
- Marzo de 2004: Marathon adquiere 40% de Ashland Corporation.
- Abril 2004: Westport Resources adquiere Kerr-McGee.

El cambio en el comportamiento de los jugadores revela que una de las principales estrategias para enfrentar el problema del posible fin de los hidrocarburos es la conjunción de esfuerzos tal como se ha planteado; sin embargo, ¿son estas alianzas benéficas para la solución del conflicto? ¿Son el único tipo de alianzas aceptables? ¿Habrá un comportamiento diferente entre el actuar de las alianzas de Estados y las empresas? ¿Los juegos de Suma Cero sólo suceden entre empresas?

## **1.6.- Las alianzas en la Seguridad Energética y los juegos de Suma cero**

---

<sup>78</sup>Savinar Matt, *Op. Cit.* pág. 35.

La Seguridad Energética puede derivar en uno de los fenómenos más predecibles de cualquier colapso o catástrofe previamente pronosticada: las alianzas para combatirla y obtener el mayor provecho posible o sobrevivir.

En el escenario de los hidrocarburos vale la pena resaltar las observaciones del teórico de juegos John Robert Aumann, quien contempla que una alianza no siempre genera una relación de ganar-ganar<sup>79</sup>, sino que puede ser una estrategia que conlleve a un posible juego de Suma Cero -en donde un jugador gana lo que el otro pierde- sin la necesidad de generar un conflicto directo.

Entonces, ¿se pueden compartir las ganancias y los beneficios? ¿Se comparten las responsabilidades y los riesgos o sólo se puede repartir el “botín”? Unos ejemplos de cómo los comportamientos cooperativos no siempre tiene un resultado equitativo son la Primera y Segunda Guerra Mundial, en la que los aliados vencedores se “dividieron el botín de guerra” o la manera en que se creó una nueva división política del mundo; la cual no fue de forma equitativa y aún así, fueron los más beneficiados<sup>80</sup> quienes compitieron por más durante la Guerra Fría.

Entonces, existen diferentes formas en la que los actores pueden interactuar y/o ayudarse a favor de la sociedad y de ellas mismas.

Una de estas interrelaciones que se debe analizar es la alianza que puede existir entre el gobierno -ya sea a nivel municipal, estatal o federal- o por medio de empresas paraestatales y empresas privadas. La empresa privada necesita la opción de tener un respaldo económico-político cuando se tenga que expandir a otras naciones, facilidades burocráticas y apoyo al ser un área estratégica –el sector de los energéticos- para el desarrollo de un país.

---

<sup>79</sup>En la Teoría de juegos el comportamiento cooperativo de los jugadores puede propiciar un acuerdo en el que los participantes de dicha cooperación se vean mutuamente beneficiados, a diferencia de los juegos de suma cero en donde el conflicto conlleva a un resultado en donde uno de los jugadores pierde lo que su contraparte gana. *Supra* pág. 6.

<sup>80</sup>Es decir, Estados Unidos y en ese entonces la U.R.S.S.

El gobierno por su parte, debe de regular medianamente las leyes o las reglas con que participa la empresa privada en la economía interna para evitar que el poder de las mismas crezca de tal manera que su participación en la economía sea indispensable o dañe a otros sectores de la economía.

Las alianzas entre empresas paraestatales y privadas son una gran alternativa para complementar las carencias entre unos y otros; las paraestatales tienen los permisos para la exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos mientras que las empresas privadas cuentan con tecnología e innovación las que en su mayor parte la paraestatal no cuenta.

También las relaciones entre Estados es una de las más conocidas en el ámbito energético por lo que es la OPEP y el peso que representan como coalición, siendo capaces de poder influir en las fluctuaciones del precio internacional del crudo, si bien no a voluntad, de una manera oportuna.

La OPEP surge como una manera de contrarrestar el gran poder con el que contaban después de la Segunda Guerra Mundial un grupo de petroleras conocido como el “Cartel de las Siete Hermanas”<sup>81</sup>, y desde su creación cuenta con más del 50% de las reservas de petróleo a nivel global.

A pesar de que las situaciones sociales de cada país integrante de este grupo son distintas e incluso de diversos continentes, ha sido una de las alianzas más duraderas, en las cuales se hacen simposios, mesas de análisis, estudios e investigaciones sobre las predicciones futuras de las energías convencionales

---

<sup>81</sup>Se le conoce así al grupo formado por las petroleras Exxon (de Nueva Jersey), Mobil (de Nueva York), Chevron (de California), Texaco (de Texas), Gulf Oil (también estadounidense), Shell (de capital británico y holandés) y la British Petroleum (británica), quienes en 1928 en Achnacarry, Escocia, firman un acuerdo por medio del cual concretaron un acuerdo anticompetencia a través del cual se dividieron como explotar los recursos petrolíferos del mundo. Retomado de García Reyes Miguel, *La seguridad energética en el siglo XXI. Los nuevos actores, el gas natural y las fuentes alternas de energía*, García Goldman Karonovsky Editores, México, 2009, págs. 81-82.

como de las energías renovables y otros temas de interés como el cambio climático, la contaminación, calentamiento global, etc. Siendo no como tal un ejemplo total a seguir; pero, si un particular caso funcional que puede adecuarse a las necesidades de cada alianza.

Algunas alianzas no son necesariamente energéticas, sino que engloban el tema de la Seguridad Energética en un campo más amplio como es el caso de la Unión Europea. A pesar de que la Unión Europea (UE) es un gran promotor e investigador de las energías sustentables; aún, se encuentra bajo el control del suministro de gas ruso a través del paso de los oleoductos en Turquía.

La Unión Europea se ha enfrentado en los últimos años a los inviernos más duros en décadas y necesitan un suministro continuo de gas que no puede controlar desde Turquía, aunque si puede replantear las condiciones del juego para proteger su suministro de gas ruso. Los beneficios para Turquía son la mayor participación de musulmanes en la vida cotidiana europea así como la difusión de sus pensamientos y costumbres, hecho que puede ser un gran precio a pagar por la obtención de energéticos para la Unión Europea.

A pesar de ello, la Unión Europea es una de las pocas regiones del mundo que se ha dado a la tarea de sumar esfuerzos para contrarrestar su dependencia energética externa y mejorar las tecnologías para las renovables, sobre todo con la idea de la Tercera Revolución Industrial, que se explicará más adelante.

Otro tipo de alianza es a través de Tratados de Libre Comercio (TLC) o de la ampliación de los mismos como es el caso de la ASPAN entre México y Estados Unidos, al “combinar” planes y recursos para combatir “problemáticas comunes” como el abastecimiento energético, el narcotráfico, etc.

En el caso mexicano, la interacción de empresas transnacionales se ha reflejado en un ejemplo de juego de suma cero, en donde Canadá y Estados Unidos se han

visto beneficiados de los energéticos fósiles al aprovechar que las refinerías nacionales no tienen la capacidad suficiente para abastecer la demanda interna, por lo que en México -siendo un país productor de petróleo- el precio de la gasolina es cada vez mayor debido al nivel de importación tan grande.

En este caso, México tiene la oportunidad de enfocar el interés estadounidense en los hidrocarburos para intercambiarlo no por su infraestructura obsoleta para la obtención de los mismos, sino por desarrollo e investigación en materia de energías renovables para fomentar su propio crecimiento.

Por otro lado, un TLC México-Brasil no se ha logrado desde el sexenio pasado; sin embargo, la relevancia de Brasil en materia energética ha sido tan profunda en el Continente Americano, tanto que Estados Unidos ha intentado establecer relaciones comerciales más cercanas con Brasil, hecho que política y culturalmente sería más sencillo para México lograr y que se ha visto obstaculizado por industrias más pequeñas que la energética.

Otro tipo son las alianzas de carácter militar como la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), que se ha visto involucrada en la lucha por la democracia y liberación de las naciones “oprimidas del mundo”, sobre todo en Medio Oriente.

En donde las naciones con un gran suministro de agua, combustibles fósiles u algún otro recurso son el objetivo para sustentar la propia Seguridad de los Estados intervencionistas a costa de estas naciones “antidemocráticas”.

Lo contradictorio es que a pesar del cercano fin de la era de los hidrocarburos no haya alianzas que profundicen en el tema para la obtención de resultados positivos para la humanidad a futuro, al contrario parece ser que los conflictos se intensificarán como la crisis energética; aunque, posiblemente las siguientes guerras no tendrán si quiera energía suficiente para realizarse.

No sé con qué armas será peleada la Tercera Guerra Mundial; pero, la Cuarta Guerra Mundial será peleada con palos y piedras.

Albert Einstein

¿Estará el mundo preparado para crear ese puente entre la era del carbono y la siguiente era energética en la escala de la adaptación humana? Y en caso de no estar preparados, ¿qué cambios o modificaciones deberán hacerse para lograr dicho objetivo?

## Capítulo II

### La transición energética y sus posibilidades

Las posibilidades renovables como fuentes de generación energética aún no son equiparables a la cantidad de energía que se puede producir de la quema de hidrocarburos; la energía eólica o solar no crean más energía que el gas natural o el petróleo por ejemplo, eso es un hecho que hasta el 2013 nadie ha podido negar.

Más los avances tecnológicos y la inversión en estas fuentes de energía promoverán que las dificultades técnicas se minimicen paulatinamente; pero, si bien es posible que éstas ayuden a combatir el problema del desabasto energético, ¿ayudarían también a disminuir la contaminación atmosférica? ¿Podrían mitigar el problema de la gran cantidad de residuos sólidos? ¿Funcionarían tanto en zonas urbanas como en zonas rurales? ¿Alguna de estas posibilidades es suficiente como para transitar de una era de los hidrocarburos a una era de la biomasa, solar o del hidrogeno?

De esta manera, se debe contemplar que no toda opción energética es una respuesta a estas problemáticas, que existe un umbral entre una transición y un simple cambio de fuente energética. Dicha transición debe provocar una reestructuración del sistema internacional actual; sólo hace falta conocer hasta

dónde está dispuesta la humanidad a “arriesgar” para lograr la transición o para continuar la era de los hidrocarburos.

## **2.1.- El Riesgo óptimo: del petróleo a las fuentes alternas de energía**

Al destacar la importancia de promover la transición energética a nivel internacional para la continuidad del estilo de vida humana, no hay que apresurarse y elegir una opción sin pensarlo detenidamente ni suponer que cualquier energía alternativa a los combustibles fósiles podrá hacer frente a la posible crisis energética, se tiene que contemplar que existen diversos factores que pueden convertir una oportunidad en un éxito rotundo o un total fracaso.

Toda posibilidad energética alterna a las formas convencionales, si bien tiene un gran potencial a ofrecer, no excluye la existencia del riesgo debido a su aún potencial experimental; sin embargo, el riesgo de afrontar y buscar soluciones al posible fin de la “Era del carbono” es menor que el riesgo latente de no hacerlo.

Por potencial experimental entiéndase que la energía solar, o eólica o de biomasa por ejemplo, aún no son equitativamente comparables al nivel de energía que se puede obtener utilizando hidrocarburos; no porque no sean buenas opciones sino porque la tecnología moderna no es capaz de explotar estos recursos a mayor capacidad todavía.

Por el momento, las velocidades que pueden alcanzar los motores de los automóviles eléctricos son menores en comparación con los motores de combustión interna; más, las limitaciones se verán reducidas paulatinamente con la inversión y la cooperación internacional logrando que el potencial de las energías renovables sea cada vez más productivo y eficiente.

Para conocer la factibilidad, rentabilidad y estabilidad de un posible proyecto sobre energías renovables resultaría recomendable que el análisis de cada posibilidad

deba contener la aportación del teórico de juegos y premio Nobel ya antes mencionado John Charles Harsanyi, “Riesgo óptimo”.

El Riesgo óptimo es el nivel máximo al cual se puede exponer un jugador al planear su estrategia y llevarla, a cabo tomando en cuenta que dicho riesgo deriva de una apuesta, cuantificando que el riesgo aceptado le asegure un mayor porcentaje de ganancia que de pérdida; se puede definir como la línea entre la ganancia máxima y la pérdida total.<sup>82</sup>

Dicha pérdida no es directamente proporcional ni en la misma dirección de lo que se podría decir “se apuesta”; aunque, un riesgo no premeditado puede generar un problema en otro ámbito relacionado, tal como la emisión libre de gases contaminantes ha sido parte de la polución atmosférica y el calentamiento global.

Aunque es necesario aclarar que no todo tipo de apuesta debe relacionarse con la idea de pérdida, ya que se debe tomar en cuenta que la palabra “riesgo” no es un sinónimo de sacrificio, sino algo más cercano al término inversión, ya que su objetivo final se basa en delimitar hasta dónde puede llegar un jugador a ceder para generar ganancias futuras.

Un ejemplo sencillo para poder comprender mejor esta premisa podría ser una paraestatal petrolera, la cual se abre al ingreso de inversión privada; para ello la paraestatal debe arriesgarse a ceder parte de sus ganancias futuras, infraestructura, personal, autonomía, etc., para permitir la entrada de capital privado que le permita una mayor inversión en D+I (desarrollo e investigación), exploración, tecnología, procurando que dicha apertura no contraponga los intereses de la empresa o la arriesgue a volverse privada, o quizá ceda demasiado en los contratos como para aportar más capital del que podría ganar.

---

<sup>82</sup>*Supra* pág. 33.

## **2.2.- El mercado de las energías renovables: oportunidades y riesgos**

Como un punto a debatir y concientizar, se han tomado definiciones para analizarlas entre sí con el fin de denotar su utilización y no confundir las ideas a plantear en el siguiente capítulo. Para diferenciar entre los términos alternativo, renovable y sustentable.

Por ello, al exponer el tema de las energías alternativas se hace referencia a aquellas diferentes de las provenientes de los hidrocarburos tales como la eólica, hidráulica o la nuclear.

El concepto de energía renovable hace referencia a la capacidad de algunas energías alternativas para poder regenerar su uso siendo casi ilimitadas bajo un consumo controlado y siendo más amigables con la naturaleza tal como la solar, la biomasa o la geotérmica. Razón por la cual no se incluye en esta clasificación a la energía nuclear, ya que si bien no produce CO<sub>2</sub>, el uranio es un recurso finito y los desechos radioactivos son altamente dañinos.

Dichos conceptos en perspectiva pueden ser limitados, para lo cual podría ser más conveniente el uso del término “energía sustentable” el cual engloba el hecho de que sea alternativa y renovable, que por lo tanto implica aspectos como la baja emisión de contaminantes, su continuidad, la mínima intromisión del quehacer humano en el ciclo natural de restauración (respetar) y que sea planeada de acuerdo a la zona en que van a ser implementadas, para asegurar que su implementación actual no comprometa al desarrollo de generaciones futuras; pero, por la metodología utilizada actualmente, se limitará a incluir los conceptos ya establecidos y difundidos en el ámbito académico-práctico.

Inclusive es necesario mencionar que si bien un tipo de producción energética es renovable; el proceso de fabricación de materiales y herramientas implícitas

funcionan mediante derivados de los hidrocarburos, por lo que el apoyo de los recursos fósiles existentes es fundamental.

Si bien en los últimos años ha crecido de manera favorable la incorporación de las energías renovables en el mundo, su uso aún es limitado; aunque, en los próximos años su desarrollo e implementación denotarán mejorías debido a su avance tecnológico, cual es el principal límite de muchas de estas energías.

Se espera que la proyección de crecimiento anual de las renovables en el mundo del año 2010 al año 2020 sea del 5.2% en comparación con el 3.9% anual comprendido en el periodo 2000-2010, siendo la producción de energía eléctrica el objetivo principal.<sup>83</sup>

La energía hidráulica es la de mayor explotación a nivel mundial en materia de energías renovables, con una capacidad de producción del 16% de la electricidad global durante el año 2010. Generando 3, 431 TWh<sup>84</sup> durante el mismo año, que representa el 81.6 % de la energía eléctrica producida por renovables.<sup>85</sup>

La segunda en relevancia es la eólica, que si bien aún tiene costos elevados de producción, la AIE pronostica que será la principal fuente de producción eléctrica a nivel internacional en los próximos años, siendo la Unión Europea la mayor demandante. Durante el 2010 la producción de electricidad con aerogeneradores fue de 342 TWh, que representa el 8.1% de la electricidad producida por energías renovables.<sup>86</sup>

La siguiente es la energía geotérmica, que ha demostrado ser una buena opción también al posicionarse antes que la energía solar por ejemplo, a pesar de que su

---

<sup>83</sup> Agencia Internacional de Energía, *World Energy Outlook 2012*, págs. 211-230.

<sup>84</sup> Es la abreviatura de TeraWatt/ hora, que representa la cantidad de un trillón de watts por hora, es decir la cantidad de 1, 000, 000, 000, 000 ó  $10^{12}$  watts por hora.

<sup>85</sup> *Ibidem.*

<sup>86</sup> *Ibidem.*

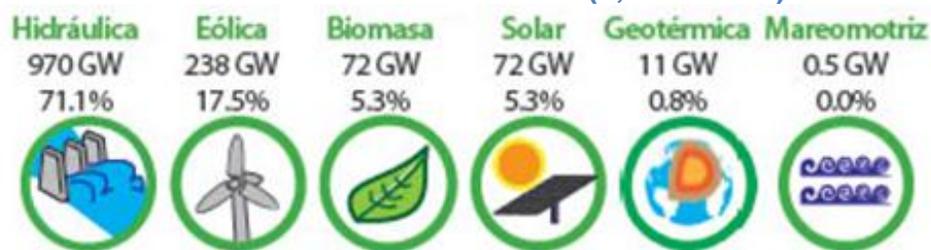
implementación depende mucho del ecosistema. Países como Estados Unidos, Japón, Filipinas e Indonesia se encuentran en desarrollo de proyectos enfocados en esta alternativa, la cual fue capaz de producir en el año 2010 el 1.6% de la energía eléctrica producida por renovables, es decir 68 TWh.<sup>87</sup>

La energía solar fotovoltaica ha tenido un gran proceso de desarrollo e inversión, su nivel de producción eléctrica es mucho menor que las anteriores; más, ha tenido grandes avances en cuanto a su desarrollo tecnológico ya que su costo de producción ha bajado hasta un 44% del primer trimestre del año 2010 al primer trimestre del año 2011.<sup>88</sup>

Durante el año 2010 se produjeron 32 TWh en el mundo, representando el 0.76 % de la energía eléctrica creada por fuentes renovables.<sup>89</sup>

Finalmente en la producción de energía eléctrica, la energía solar térmica de alta temperatura y la energía mareomotriz aportaron 2 TWh (0.04%) y 1 TWh (0.02%) respectivamente en el año 2010, siendo las más experimentales.<sup>90</sup>

**Imagen 2 Capacidad instalada para generación eléctrica con fuentes renovables en el mundo 2011 (1, 363.5 GW)**



Fuente: PROMEXICO<sup>91</sup>

<sup>87</sup> *Ibidem.*

<sup>88</sup> *Ibidem.*

<sup>89</sup> *Ibidem.*

<sup>90</sup> *Ibidem.*

<sup>91</sup> Texto completo en [http://www.promexico.gob.mx/es\\_us/promexico/Renewable\\_Energy](http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Renewable_Energy).

Los biocombustibles como el etanol y el biodiesel se introducen lentamente en países como Alemania, Estados Unidos y Brasil, donde las políticas han promovido la combinación de los combustibles convencionales con biocombustibles, con poca aceptación debido a que la ingeniería automotriz no está totalmente diseñada para el uso de biocombustibles a una capacidad aceptable siquiera.

Además de que sigue siendo cuestionable el uso de biocombustibles debido a que se usan granos y semillas de consumo humano y animal como el maíz, la cebada, la caña de azúcar o el trigo; por lo que se han empezado a implementar tecnologías que aprovechen los residuos de estas semillas como cáscaras o gabazo para la producción de biocombustibles.

Para la producción de calor los bioenergéticos siguen siendo la fuerza dominante mediante un uso tradicional de la biomasa, debido a la deficiente distribución internacional de los nuevos medios de energía, en donde la madera o las heces de animales son el combustible utilizado para la calefacción o la cocción de alimentos para millones de personas en el mundo en pleno siglo XXI.

Aunque, uno de los puntos más llamativos es que la producción de energía renovable se concentra mayormente en los países denominados no-OCDE, los cuales produjeron una cantidad energética de 2, 245 Toneladas de barriles de petróleo equivalente (Tbpe) en comparación con los OCDE quienes sólo produjeron 1, 960 Tbpe durante el año 2010.<sup>92</sup>

Mientras los países más industrializados siguen buscando apoderarse de los medios de energía convencional, las naciones que no pueden concentrarlos han optado por buscar alternativas que complementen sus medios de abasto

---

<sup>92</sup>*Ibidem.*

energético; dejando claro que aquellos que no poseen energéticos actualmente tienen que enfocarse en ser los productores de energía del mañana.

Para que esto pueda ocurrir, los gobiernos deben cambiar su régimen político actual para introducir dentro del concepto de Seguridad Energética reformas o nuevas políticas que apoyen la inserción de energías renovables y la transición con mayores niveles de inversión.

Se pueden introducir objetivos concretos de producción de energía o combustibles renovables, campañas de concientización civil, subsidios o incentivos que se enfoquen a la inclusión de empresas o sectores de la sociedad en la producción e implementación de estas energías mediante la reducción de impuestos, apoyos económicos o por conducto de concursos y/o ferias que acerquen a los nuevos investigadores a la mejora de su entorno, evitando las fugas de cerebros y la apropiación de las tecnologías por medio de empresas ya consolidadas a través de patentes extranjeras, así como invitar o involucrar a pequeñas y medianas empresas (PyMES) para mejorar la competencia.

**Tabla 4 Países con mayor inversión en energías renovables al año 2011**

<b>País</b>	<b>md</b>	<b>Participación</b>
China	51,000	19.8%
EU	48,000	18.7%
Alemania	31,000	12.1%
Italia	29,000	11.3%
India	9,000	3.5%
Otros	89,000	34.6%
<b>Total</b>	<b>257,000</b>	<b>100%</b>

Fuente: PROMEXICO<sup>93</sup>

Además de estándares de producción energética renovables, primero en los sectores gubernamentales para posteriormente difundirlos en la sociedad y la

<sup>93</sup>Texto completo en [http://www.promexico.gob.mx/es\\_us/promexico/Renewable\\_Energy](http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Renewable_Energy).

industria, ya sea nacional o transnacional así como promover la demanda de las mismas energías.

A continuación se presentan diversos métodos en los que las principales fuentes de energías renovables son explotadas, así como una lista de sus ventajas y desventajas para su posterior análisis.

### **2.2.1.- Energía solar: térmica y fotovoltaica**

Para la historia de la humanidad, el Sol ha sido un símbolo de la victoria de todo lo bueno contra las adversidades representadas en la obscuridad y lo incierto, dador de calor y vida, cuerpo celeste rodeado de misticismo, objeto de adoración y culto para ancestros y contemporáneos, con propiedades físicas que hasta hace poco eran desconocidas, capaz de inspirar a la ciencia ficción y a la no tan ficticia, en fin, un fenómeno tan maravilloso, único, que estuvo antes de la vida en la Tierra y que posiblemente estará después de la misma.

Siendo la naturaleza misma la primera en aprender a utilizar las bondades del Sol, el hombre se ha beneficiado de esta experiencia al transformar la energía generada por éste para varias aplicaciones a lo largo del tiempo a través de diversas formas: el reloj solar, el invernadero, aplicada a la arquitectura como las galerías y los costureros, calendarización aplicada a la arquitectura como los mayas y egipcios, la creación del horario de verano al conocer la posición astronómica de la Tierra con respecto al sol, los paneles solares, etc.

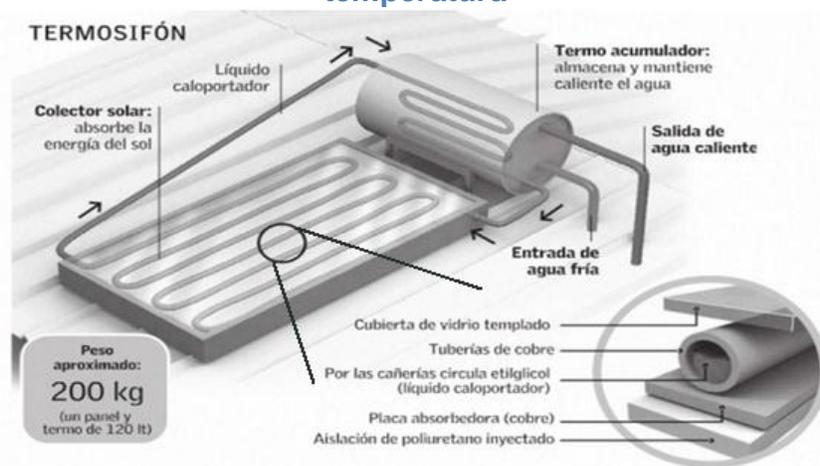
#### Energía solar térmica:

Transforma la energía proveniente del Sol en energía calorífica y esta transformación puede darse a baja, media y alta temperatura. A baja temperatura –que puede ser de los 35 a los 90 °C- se utilizan paneles solares capaces de

recrear el efecto invernadero para concentrar el calor, el cual a su vez es capaz de calentar un fluido que fluye por una instalación de tuberías para distribuir este calor al producto final -agua o aire- como se muestra en la imagen 3; su uso es sanitario y de calefacción.<sup>94</sup>

Para su aplicación a media temperatura –entre los 91 a los 200 °C- y alta temperatura –más de 201 °C- se utiliza una instalación a base de heliostatos, es decir, por medio de espejos direccionables digitalmente para seguir la posición adecuada del Sol, capaces de refractar la radiación solar para concentrarla en un punto específico –imagen 4-, que produce vapor de agua directamente o por medio de un circuito primario para accionar una turbina generadora de energía eléctrica o mecánica. Su intensidad depende de las dimensiones de la instalación como se muestra en la imagen 4.<sup>95</sup>

### Imagen 3 Funcionamiento de un calentador solar térmico de baja temperatura



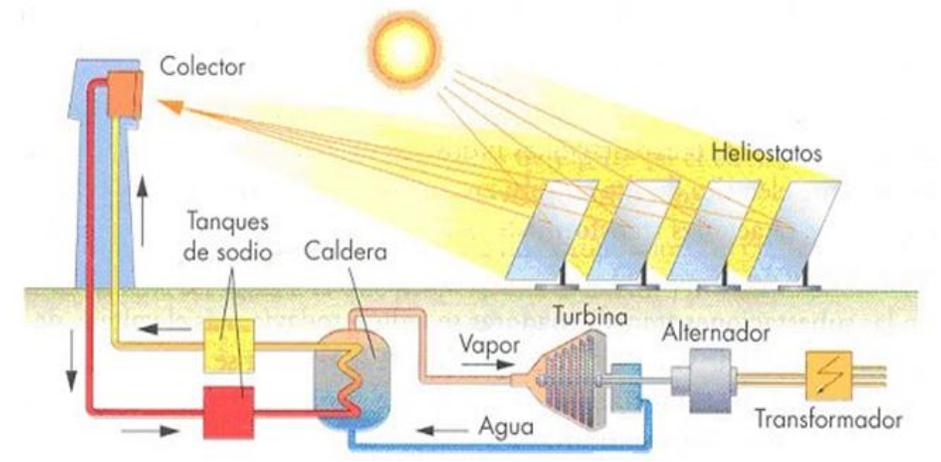
Fuente: Franquicia tributaria a paneles solares<sup>96</sup>

<sup>94</sup>Energías renovables: energía solar [documental], Carlos Hervella, España, (30 min), producida por Consejería de cultura, comunicación social y turismo de la Xunta de Galicia y FARO, son., col.

<sup>95</sup>Carlos Hervella, documental, *Op. Cit.*

<sup>96</sup> Texto completo en <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2010/06/10/franquicia-tributaria-a-paneles-solares/>.

#### Imagen 4 Funcionamiento de una central solar térmica de media o alta temperatura



Fuente: Energía solar<sup>97</sup>

#### Energía solar fotovoltaica:

Los sistemas solares fotovoltaicos están formados por un conjunto de células solares o fotovoltaicas organizadas en paneles que transforman directamente la energía solar en energía eléctrica. Las células solares o fotovoltaicas son pequeños elementos fabricados con un elemento cristalino semiconductor dopado -silicio-germanio- conocido como Si-Ge.

Al incidir la radiación solar sobre ellas, los fotones producen un movimiento de electrones en el interior de la célula y aparece entre sus extremos una diferencia de potencial que los convierte en un pequeño generador eléctrico. Como la capacidad de una célula solar es limitada, se agrupan en paneles para un mejor aprovechamiento (imagen 5).<sup>98</sup>

<sup>97</sup>Texto completo en <http://centros5.pntic.mec.es/santat12/Departamentos/TrabajosFQ/EnersRenovables05/3.htm>.

<sup>98</sup>*Desarrollo e implantación de energías renovables*, págs. 17-19, texto completo en <http://www.greenjobsproject.eu/fotos/descargas/Ventajas-inconvenientes%20energias%20renovables.pdf>, consultado el 10.01.2014.

Imagen 5 Instalación de paneles solares fotovoltaicos



Fuente: La energía solar cada vez es más barata<sup>99</sup>

Tabla 5 Ventajas e inconvenientes de la energía solar

<b>-ENERGÍA SOLAR-</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Su funcionamiento es no contaminante.</li><li>➤ La energía del Sol es diaria y duradera.</li><li>➤ Una vez solventado el gasto de los paneles, la energía que produce es totalmente gratuita.</li><li>➤ Combinable con otros tipos de energía renovable.</li><li>➤ Para uso doméstico se puede adaptar a la arquitectura.</li><li>➤ Bajos costos de mantenimiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ La construcción de paneles solares es contaminante.</li><li>➤ La variabilidad atmosférica puede alterar su rendimiento.</li><li>➤ Los costos de inversión son elevados (paneles, baterías, concentradores).</li><li>➤ Capacidad productora de energía actualmente es reducida (10-20%).</li></ul>

Elaboración propia 2014.

Sorprende que la energía solar surge de un proceso de combustión de diferentes gases y metales en el centro del Sol que provocan una liberación tan grande de

<sup>99</sup>Texto completo en [http://www.everbluetm.com/paneles\\_solares\\_fotovoltaicos.html](http://www.everbluetm.com/paneles_solares_fotovoltaicos.html).

energía capaz de cruzar el espacio, tal que la energía que se crea en el centro de éste cuerpo celeste será recibida por la Tierra ocho minutos después.

Más uno de los inconvenientes más grandes de esta alternativa es que la creación de paneles solares es altamente contaminante, por lo que cabe subrayar que ningún tipo de energía renovable es 100% libre de contaminación.

Con el análisis de tabla 5 se puede observar como este tipo de energía es una de las que se espera crezca su nivel de implementación, al reducirse los costos de producción de paneles solares para uso urbano y al conjuntarse con el sector de la construcción para crear edificios y casas inteligentes capaces de producir su propia energía con celdas solares, tomando en cuenta que el Sol es un recurso del cual disfrutará la humanidad durante miles de años más.

### **2.2.2.- Energía eólica**

El viento, uno de los cuatro elementos básicos del planeta para muchas culturas, ayudó al hombre a conocer y explorar el mundo en busca de nuevas regiones para expandir su conocimiento o su imperio a lugares más allá de su imaginación. Los barcos de vela de diversas formas y envergaduras, además de los molinos de viento para la extracción de agua son las primeras manifestaciones del aprovechamiento de la energía eólica.

Primeramente, las corrientes de aire son causadas por el calentamiento desigual de la superficie de la Tierra por el sol. Debido a que la superficie terrestre está hecha de varios tipos de tierra y agua, así como de climas diferentes en distintas épocas del año, absorbe el calor del Sol a ritmos desiguales. El desplazamiento del aire caliente y frío es lo que generan las corrientes de aire.

Ahora, se entiende por energía eólica a la utilización de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire. En la actualidad, existen sistemas para aprovechar la energía cinética del viento y transformarla, posteriormente, en energía eléctrica mediante los aerogeneradores.<sup>100</sup>

Este tipo de producción de energía es uno de los más investigados a nivel internacional y de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE) se espera que para el 2030 sea la principal fuente de producción eléctrica dejando a la hidroeléctrica en segundo lugar.

Los aerogeneradores pueden ser instalados individualmente o en campos eólicos, necesitan una velocidad del viento de 15 a 55 km/h para funcionar correctamente y dichos aerogeneradores pueden ser forma de vertical (imagen 6) u horizontal (imagen 7); este diseño responde a estadísticas climáticas imperantes en cada zona de instalación. En caso de temporales o grandes ráfagas de viento, los aerogeneradores disponen de sistemas de protección que los sacan de servicio cuando la velocidad del viento supera los 90km/h.<sup>101</sup>

**Imagen 6 Modelos de aerogeneradores verticales**



Fuente: Energía eólica<sup>102</sup>

<sup>100</sup> [www.aiest.unam.mx/av/eolica.pps](http://www.aiest.unam.mx/av/eolica.pps).

<sup>101</sup> Vercelli Amilcar, *¿Qué es la energía eólica?*, texto completo en <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>, consultado el 11.01.2014.

<sup>102</sup> Texto completo en <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>.

Los diseños horizontales son los más utilizados a nivel internacional ya que su eficiencia resulta ser mucho mayor a pesar de que los diseños verticales presentan menor dificultad al momento de su mantenimiento, porque el mecanismo principal se encuentra en la base del aerogenerador y no en la cima.

Lamentablemente no son operables las 24 horas del día todo el año, ya que la generación de ráfagas de viento es variable; sin embargo, un estudio debidamente realizado puede ayudar a obtener energía la mayor parte del año si se encuentran bien colocados.

Se debe conocer si el lugar no es transitado por aves, si el suelo es capaz de resistir la colocación de las columnas que sostienen los aerogeneradores, si afectan suelos con potencial agrícola o ganadero y que se encuentren algo alejados de centros urbanos ya que producen contaminación de tipo auditiva si son instaladas en forma de campos o varias unidades cercanas.

Una de las virtudes de esta tecnología es que su precio de producción es competitivo a mediano plazo, además que su mantenimiento -si bien únicamente se puede lograr mediante equipo sofisticado- es barato ya que las empresas tienen garantías de sus aerogeneradores de hasta 20 años, siendo las mismas empresas las encargadas del servicio de mantenimiento.

Se ha promovido que los diseños de los aerogeneradores se encuentran actualmente encaminados a reducir su tamaño y mejorar su rendimiento.

Países como Dinamarca, Alemania y España se han enfocado en la colocación de aerogeneradores en suelo marino, donde las corrientes son constantes de día y noche además de ser más intensas.<sup>103</sup>

---

<sup>103</sup>Diario el economista, *Iberdrola conecta los primeros aerogeneradores marinos en el parque británico de Duddon Sands*, texto completo en <http://www.eleconomista.es/economia/noticias/5494278/01/>

## Imagen 7 Explicación del funcionamiento de un aerogenerador horizontal



Fuente: [Cómo funciona un aerogenerador](#)<sup>104</sup>

A pesar de esta gran contribución, el inconveniente de la erosión del suelo marino provocado por los oleajes es una de las principales razones que aqueja a los ingenieros en esta tecnología, que sigue siendo una de las más prometedoras en los próximos años.

A continuación se presenta una tabla con sus ventajas y desventajas:

**Tabla 6 Ventajas e inconvenientes de energía eólica**

-ENERGÍA EÓLICA-	
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Buen desarrollo tecnológico.</li> <li>➤ Comercialmente competitivas.</li> <li>➤ No emite gases de efecto invernadero.</li> <li>➤ Instalación rápida de 6 meses a</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Disposición del viento es variable.</li> <li>➤ Requiere una ráfaga de viento mínima para funcionar.</li> <li>➤ Gran extensión territorial.</li> </ul>

14/Iberdrola-conecta-los-primeros-aerogeneradores-marinos-en-el-parque-britanico-de-Duddon-Sands.html#kku8GqUJ7KY7TqR4, consultado el 16.02.2014.

<sup>104</sup>Texto completo en [http://3.bp.blogspot.com/-x6dHYZk\\_a0g/TXHxpy9AQ7I/AAAAAAAAAXr4/zK\\_wX1ZoKGw/s1600/C%25C3%25B3mo%2Bfunciona%2Bun%2Baerogenerador.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-x6dHYZk_a0g/TXHxpy9AQ7I/AAAAAAAAAXr4/zK_wX1ZoKGw/s1600/C%25C3%25B3mo%2Bfunciona%2Bun%2Baerogenerador.jpg).

<p>un año.</p> <p>➤ Combinable con otras energías renovables.</p>	<p>➤ Contaminación auditiva.</p>
---	----------------------------------

Elaboración propia 2014.

Es una tecnología prometedora que cuenta con mucha investigación e inversión para mejorar su eficiencia, sobre todo con aplicaciones en suelo marino como ya se planteó anteriormente.

Inclusive, se puede generar energía para poder emplearse en el proceso de la electrolisis para la obtención de hidrógeno, caso que se estudiará con mayor detenimiento en el apartado 2.2.4, denotando que se pueden conjuntar con otros tipos de renovables para volverse más eficiente y reducir la contaminación diversificando su uso, que no sólo sea el de producción eléctrica.

Por el momento, los aerogeneradores suelen ser de un gran tamaño y se requiere de una gran extensión territorial para colocarlos; sin embargo, como se puede apreciar en la tabla 6, ya son económicamente rentables y se espera que sean la fuente principal de producción eléctrica de energías renovables para el 2050 de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía.

Una de las maneras de volverla más productiva es mediante la reducción de su tamaño para que pueda ser de uso residencial, permitiendo que una casa o edificio pueda contar con aerogeneradores individuales de menor tamaño que puedan ser instalados en los techos de los inmuebles sin alterar el paisaje urbano radicalmente o volviéndolos poco prácticos y estorbosos.

### **2.2.3.- Energía geotérmica**

Si bien en el centro del planeta no se ha podido encontrar el mundo secreto y fantástico que relataba Julio Verne en su novela Viaje al centro de la Tierra, si se

ha podido explorar que bajo la superficie terrestre se encuentra un gran potencial energético en el cual países como Estados Unidos y México han decidido apostar: la energía geotérmica.

Siendo culturas como los griegos, los babilonios o los romanos las primeras en disponer de las bondades del interior de la corteza terrestre mediante el uso de mantos acuíferos termales, los cuales por sus características minerales se ha descubierto que poseen cualidad medicinales.

Se entiende por energía geotérmica a aquella que, aprovechando el calor que se puede extraer de la corteza terrestre, se transforma en energía eléctrica o en calor para uso humano, tal como calefacción, procesos industriales o agrícolas.<sup>105</sup>

Se sabe que la Tierra almacena en forma de calor gran cantidad de energía, más existen diferentes hipótesis que tratan de explicar a qué se deben estas altas temperaturas existentes durante el origen y posterior evolución del planeta.

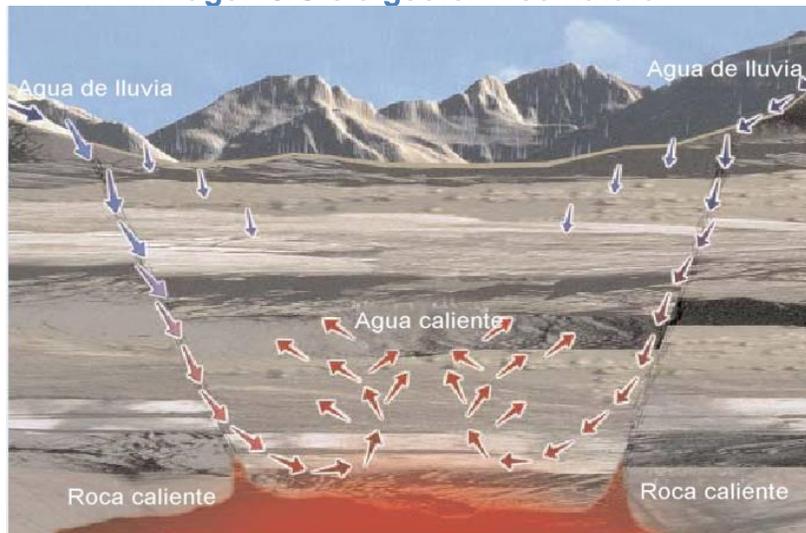
Las explicaciones más convincentes atribuyen a la acción combinada de presión y temperatura; entre los que adquieren especial importancia los efectos residuales de la materia incandescente que constituyó las etapas iniciales de la conformación de la Tierra y la contribución calórica proveniente de la desintegración de elementos radiactivos de vida prolongada como el uranio.

El proceso geotérmico se encuentra relacionado con el ciclo natural del agua, a través del cual el agua que se filtra en la corteza terrestre se calienta hasta hervir y se evapora, después es expulsado de nuevo a la biosfera tal como se puede observar en la imagen 8, el cual puede ser utilizado en las centrales geotérmicas.

---

<sup>105</sup> Secretaría de Energía de Argentina, *Energías renovables, energía geotérmica*, pág. 4, texto completo en [http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos\\_didacticos/publicaciones/libro\\_energia\\_geotermica.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/libro_energia_geotermica.pdf), consultado el 18.01.2014.

### Imagen 8 Ciclo geotérmico natural



Fuente: Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala<sup>106</sup>

El potencial de un campo calórico se clasifica de acuerdo a su entalpía o capacidad calórica de la siguiente manera:<sup>107</sup>

- Alta entalpía >220 °C (generación de energía eléctrica)
- Media entalpía 150-220 °C (ciclo binario y/o uso directo)
- Baja entalpía <150 °C (uso directo)
- Por el tipo de fase predominante
- Líquido dominante (más común)
- Vapor dominante (Geiseres)

Otro punto a resaltar es que si bien es un recurso altamente renovable, la sobreexplotación puede frenar el funcionamiento de un campo geotérmico.

Es muy importante tener en cuenta que la explotación de un yacimiento geotérmico debe efectuarse de manera tal que el volumen de agua caliente o vapor que de él se extrae, no sea mayor que la recarga natural o artificial de agua

<sup>106</sup>Texto completo en [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA\\_GEOTERMIA.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA_GEOTERMIA.pdf).

<sup>107</sup>Instituto Nacional de Electrificación, División de Desarrollo Geotérmico (Guatemala), Energía Geotérmica, pág. 9, texto completo en [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA\\_GEOTERMIA.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA_GEOTERMIA.pdf), consultado el 18.01.2014.

que alimenta al acuífero. Sólo bajo estas condiciones, el recurso energético puede ser considerado como una fuente de carácter renovable.

Para su explotación energética existen diferentes tecnologías, por ejemplo, las plantas geotérmicas de uso directo son aquellas que usan el vapor o el calor de líquidos directamente; mientras que el ciclo binario es aquel en el que el calor o vapor generado no es capaz de accionar directamente una turbina, por lo que se utiliza para calentar un compuesto secundario que dará función a la turbina.

No obstante su gran capacidad energética, se requiere de un largo proceso que puede durar de 4 a 6 años para poder instalar una planta geotérmica. Dicho proceso consta de cuatro etapas de las cuales la primera y segunda etapa representan del 30 al 50% del costo total de inversión.<sup>108</sup>

La primera etapa es la exploración, que consta a su vez de cuatro subetapas: identificar un campo geotérmico explotable, reconocimiento, prefactibilidad y factibilidad.

La segunda etapa es la confirmación y perforación, la cual puede tornarse complicada ya que a pesar de los estudios geológicos antes mencionados puede ser necesaria la perforación de varios pozos antes de encontrar un yacimiento calórico adecuado.

La construcción es la tercera etapa, la cual dependiendo de las condiciones del suelo y forma en que se va explotar –aprovechamiento directo del calor o generación de energía eléctrica- se diseña un tipo de planta adecuada.

---

<sup>108</sup> Departamento de Energía de Estados Unidos, *La energía geotérmica en la actualidad*, pág. 4, texto completo en <http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/34948.pdf>, consultado el 15.01.2014.

La última es la operación y mantenimiento, la cual como en la mayoría de las energías renovables es la parte menos costosa del proceso debido a la calidad y alta capacidad tecnológica que se posee en la actualidad.<sup>109</sup>

Una de las ventajas de este método de aprovechamiento de energía renovable es que no sólo se puede producir electricidad, también tiene un gran potencial como calefacción o en industrias varias tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 7 Aprovechamiento no eléctrico de la energía geotérmica**

<i>USOS NO ELÉCTRICOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA</i>	
AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Calefacción de espacios habitacionales</li> <li>•Acondicionamiento de aire</li> </ul>
AGRÍCOLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Calentamiento de invernaderos y suelos</li> <li>•Deshidratado de cultivos</li> <li>•Acuicultura</li> </ul>
INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Industria química</li> <li>•Secado e industrialización de madera</li> </ul>

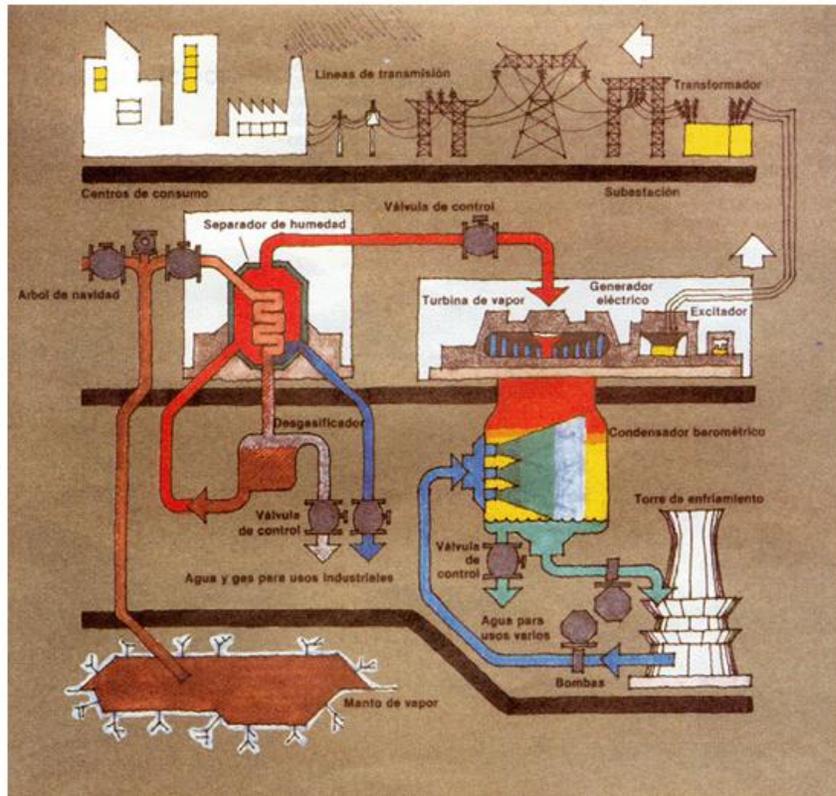
Elaboración propia 2014.

El Programa de Tecnologías Geotérmicas del Departamento de Energía (DOE por sus siglas en inglés) de Estados Unidos estima que un proyecto geotérmico en una planta de 30MW de alta entalpia con pozos a 2,000m de profundidad tiene costo de inversión aproximado a 119 millones de USD (4 Millones USD/MW).<sup>110</sup>

<sup>109</sup>Sierra José Luis y Pedro Graciela Elsa, *Energía Geotérmica*, texto completo en <http://www.epen.gov.ar/archivos/educativo/geotermia.pdf>, consultado el 15.02.2014.

<sup>110</sup> SENER, *Iniciativa para el desarrollo de las energías renovables en México, energía geotérmica*, pág. 15, texto completo en [http://www.energia.gob.mx/webSener/res/0/D121122%20Iniciativa%20Renovable%20SENER\\_Geotermia.pdf](http://www.energia.gob.mx/webSener/res/0/D121122%20Iniciativa%20Renovable%20SENER_Geotermia.pdf), consultado el 15.01.2014.

## Diagrama 2 Proceso de utilización de la energía geotérmica para producción eléctrica



Fuente: Energía geotérmica<sup>111</sup>

Para poder minimizar los costos de producción y mejorar el rendimiento a corto y mediano plazo el DOE estadounidense se ha dado a la tarea de colaborar con universidades para fomentar la investigación en tres ejes que debería considerar altamente cualquier país interesado en explotar la energía geotérmica:

- Mejorar los métodos de exploración del terreno para conocer mejor las rutas y niveles de yacimientos de gases y líquidos geotérmicos.
- Mejorar la tecnología de perforación y terminación de un pozo para reducir los costos de producción de una planta geotérmica.
- Mejorar la eficiencia de la maquinaria de conversión de energía geotérmica a electricidad o calefacción.

<sup>111</sup>Texto completo en <http://www.prociencia2006.tripod.com/s6f1.png>.

Para objeto de la investigación se aporta el dato que en el Continente Americano la primera planta de energía geotérmica fue la de Pathé, en el estado de Hidalgo, en México en 1959. Esta planta producía 3500 kilovatios/h; pero, tuvo que ser abandonada ya que el vapor no era suficiente. Sin embargo, México posee un gran potencial geotérmico debido a la composición volcánica que posee.<sup>112</sup>

**Tabla 8 Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica**

-ENERGÍA GEOTÉRMICA-	
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El bióxido de carbono emitido por una geotermoeléctrica representa la quinta parte que emite una termoeléctrica.</li> <li>➤ No produce óxidos de nitrógeno.</li> <li>➤ No consumen agua para enfriamiento, el vapor se reutiliza como agua en un ciclo sustentable.</li> <li>➤ Son operables las 24 horas al día todo el año.</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En ciertos casos existe la emisión de ácido sulfhídrico que se detecta por su olor a huevo podrido; pero, que en grandes cantidades no se percibe y es letal.</li> <li>➤ Contaminación de aguas próximas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.</li> <li>➤ Contaminación térmica.</li> <li>➤ Deterioro del paisaje.</li> <li>➤ No se puede transportar o almacenar (como energía primaria).</li> <li>➤ Costo alto de producción.</li> </ul>

Elaboración propia 2014.

Estas ventajas y desventajas le otorgan a la energía geotérmica un beneficio con el que no todas las energías renovables cuentan, que puede ser operable las 24 horas al día; aunque, tiene el inconveniente de que el vapor no puede ser guardado en cilindros o baterías para su uso posterior.

<sup>112</sup>González González Miguel Alejandro, *Geotermia como alternativa energética en México, ¿es realmente viable? (Estudio realizado en el campo geotérmico de los Humeros, Puebla, México)*, texto completo en <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/treMiguelGG09.pdf>, consultado el 16.02.2014.

Más su uso para producir energía eléctrica permite que de esta manera pueda almacenarse su potencial energético en baterías eléctricas; así como se debe mejorar también la tecnología de exploración para evitar una catástrofe proveniente de un desconocimiento de la cantidad calórica producida de yacimiento geotérmico de alta entalpía.

#### **2.2.4.- Energía con base en hidrógeno**

Posiblemente el mundo referente a las varias aplicaciones del hidrógeno recuerde el incidente con el Hindenburg alemán o la creación de la bomba H; aunque, las posibilidades de un elemento como el hidrogeno se han ampliado a tal grado que se ha comenzado a expandir el concepto de “Economía del hidrógeno”.

Dicho término, empleado por primera vez por General Motors en 1970, supone modificar totalmente el modelo energético actual basado en combustibles fósiles, reemplazando éstos por el hidrógeno. Visión la cual se basa en que el hidrógeno pueda producirse a partir de recursos autóctonos, de forma económica y respetuosa con el medio ambiente, logrando además que las tecnologías de uso final del hidrógeno alcancen una penetración importante en el mercado internacional.<sup>113</sup>

Pero, eso es adelantarse mucho, así que se debe comenzar por especificar que el hidrógeno no es un recurso sino un vector energético, es decir, un portador de energía, que además no se encuentra libre por la naturaleza en grandes cantidades como yacimientos o pozos.

El hidrógeno se obtiene de compuestos como el agua o los hidrocarburos y existen actualmente procesos para la obtención del hidrogeno que no

---

<sup>113</sup>Linares Hurtado José Ignacio y Moratilla Soria Beatriz Yolanda, *El hidrógeno y la energía*, texto completo en [http://www.ica.es/contenidos/contenido\\_fichero.php?contenido=817](http://www.ica.es/contenidos/contenido_fichero.php?contenido=817), consultado el 20.01.2014.

necesariamente son ambientalmente aceptables. Anteriormente se obtenía totalmente de la quema de hidrocarburos como el gas natural o el carbón, los cuales siguen produciendo contaminación ambiental. O bien, de la quema de biomasa o por medio de la energía nuclear para calentar y separar de elementos metálicos (hidruros) que pueden absorber el hidrógeno; pero, al pensar en estas posibilidades no se está tratando de una verdadera energía sustentable.

Por ello, se han hecho investigaciones en relación al proceso de electrolisis, en el cual por medio de un dispositivo se hace fluir corriente eléctrica a través del agua para separar las moléculas de hidrógeno del oxígeno, que si bien aún se encuentra en fase experimental resulta un método más atractivo que los anteriormente mencionados para obtenerlo.

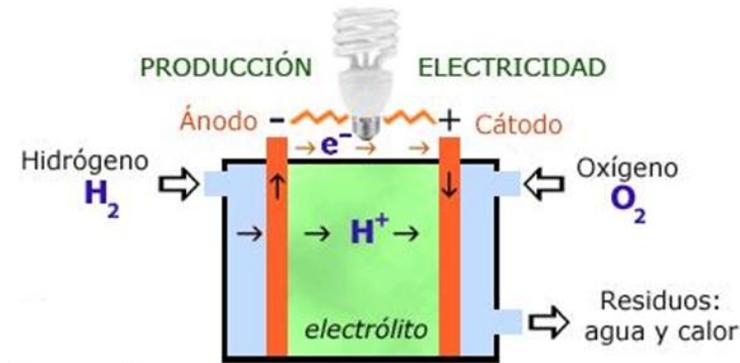
En la Facultad de Química de la UNAM, el Integrante de la Sociedad Mexicana del Hidrógeno y catedrático Pedro Roquero Tejeda se encuentra actualmente trabajando en el proceso de la electrolisis por medio de la fabricación de celdas electroquímicas.

En palabras del Químico Pedro Roquero: “En ingeniería química la tendencia ha sido intensificar los procesos, es decir, hacer sistemas más pequeños y controlados. A futuro, podremos tener en media hectárea una refinería que hoy ocupa 10 ó 20, con la misma producción, procesos más controlados, reactores más pequeños, fuentes de energía miniaturizadas y todo muy dirigido, ya que se trata de lograr control de los materiales y las reacciones a escalas moleculares... así que las primeras aplicaciones que veremos de hidrógeno serán en sistemas móviles que lleven su carga, como autos, computadoras y teléfonos celulares”.<sup>114</sup>

---

<sup>114</sup> López Patricia, *Corriente eléctrica a partir de hidrógeno con celdas electroquímicas*, Gaceta UNAM, Número 4,511, 6 de mayo de 2013, texto completo en <http://www.dgcs.unam.mx/gacetaweb/2013/130506/gaceta.pdf>, 20.01.2014.

## Imagen 9 Funcionamiento de una pila de combustible a base de hidrógeno



Fuente: ¿Cómo ahorrar baterías?<sup>115</sup>

Eso es en cuanto a producción, ahora, el hidrógeno frente a otras fuentes de energía alternativa posee la cualidad de poder ser transportada, por lo cual la tecnología en cuanto a transporte y almacenaje también requiere mayor investigación para “perfeccionarse”.

El hidrógeno también tiene la cualidad de poder ser un líquido o un gas para transportarlo; existen actualmente tres métodos bajo investigación para su transporte y uso:<sup>116</sup>

- a) Gas comprimido: el potencial energético del hidrógeno es tres veces mayor que el gas natural en cuanto a la misma cantidad en relación con el peso; sin embargo, el espacio que requiere es hasta ocho veces mayor, por lo cual se están desarrollando tecnologías que sean capaces de almacenar hidrógeno a una presión de hasta 750 bar<sup>117</sup> –sabiendo

<sup>115</sup>Texto completo en <http://albertcampi.files.wordpress.com/2012/02/pila-de-combustible-go-images-energiamadre-com.jpg>.

<sup>116</sup> Linares Hurtado José Ignacio y Moratilla Soria Beatriz Yolanda, *El hidrógeno y la energía*, págs. 25-83, texto completo en [http://www.ica.es/contenidos/contenido\\_fichero.php?contenido=817](http://www.ica.es/contenidos/contenido_fichero.php?contenido=817), consultado el 20.01. 2014.

<sup>117</sup> Conforme a la Real Academia de Lengua Española, “bar” es una unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera de presión. Proviene del griego *báros* que significa peso.

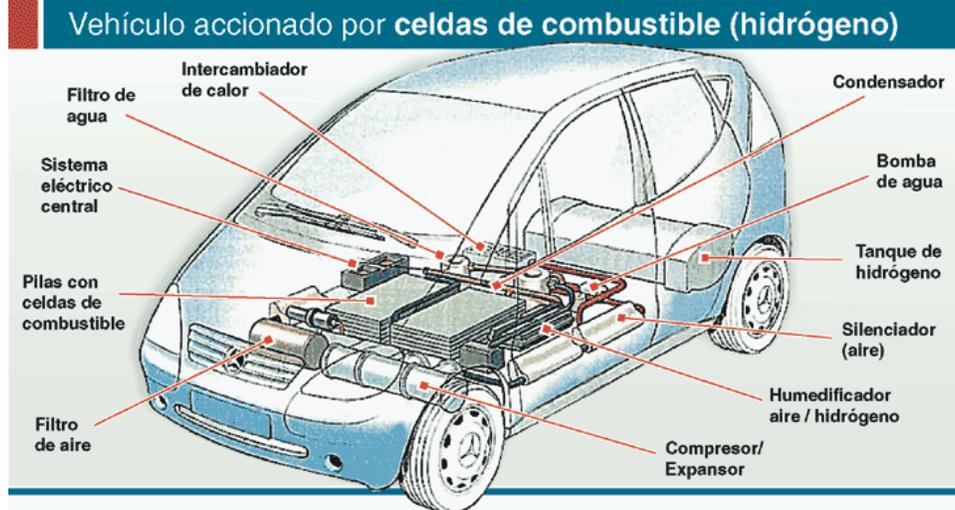
que las tecnologías implementadas actualmente soportan una presión de 200 a 400 bar-.

- b) Hidrogeno líquido; Se almacenan en tanques criogénicos a  $-252\text{ }^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica después de un proceso de licuefacción para transformar el gas en un líquido. Como resulta complicado mantener en una temperatura constante todo el tiempo al hidrógeno, la evaporación del mismo es un hecho indiscutible a un ritmo pequeño; pero, que evita su almacenamiento por mucho tiempo (-0.4% por 50 m, -0.2% por 100 m, 0.06% por 20, 000 m).
  
- c) Hidruro metálico: Algunos hidruros metálicos pueden “absorber como una esponja” el hidrógeno en estado gaseoso o líquido a una temperatura y presión adecuada para poder transportarlo que varía dependiendo del metal utilizado. La forma de liberar el hidrógeno es por medio de aplicar calor.

Actualmente, se está estudiando un sistema híbrido entre la compresión y la licuefacción, el llamado hidrógeno “crio-comprimido”.

Se trata de hidrógeno gaseoso a presión; pero, a temperatura criogénica mediante nitrógeno líquido. Este sistema presenta similares prestaciones volumétricas que el hidrógeno licuado, además que reduce considerablemente las pérdidas por evaporación.

## Imagen 10 Composición de un automóvil con base de celdas de combustible de hidrógeno



Fuente: Científicos trabajan en combustible para el futuro<sup>118</sup>

Lo mejor del hidrógeno es que el residuo restante de su combustión es vapor de agua, lo cual genera un ciclo totalmente renovable si se obtiene de la misma ( $H_2O$ ), más no existe ningún combustible cuya utilización esté exenta de ciertos riesgos. De hecho, las propiedades que convierten a una sustancia en un buen combustible (es decir su capacidad de liberar mucha energía, y de hacerlo fácilmente y en distintas condiciones) son las mismas propiedades que lo convierten en una sustancia peligrosa.

El hidrógeno por ejemplo, es un gas inodoro e incoloro, molecularmente pequeño capaz de filtrarse si no se encuentran bien selladas el contenedor o las tuberías, volviéndolo potencialmente explosivo. Por lo general, cuanto mejor sea un combustible, mayores son las medidas de seguridad con las que hay que manejarlo, y el hidrógeno no es una excepción.

<sup>118</sup>Texto completo en <http://www.biodisol.com/biocombustibles/cientificos-trabajan-en-un-combustible-para-el-futurobiocombustibles-energias-limpias-hidrogeno-medio-ambiente/>.

También se puede usar el hidrogeno por medio de baterías, las cuales se encuentran en fase experimental todavía; sin embargo, pronto podrán ser usadas como lo comenta el antes mencionado Químico Pedro Roquero.

**Tabla 9 Ventajas e inconvenientes de la energía con base en el hidrógeno**

-ENERGÍA A BASE DE HIDRÓGENO-	
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se puede obtener del agua.</li> <li>➤ Produce como residuo vapor de agua.</li> <li>➤ El hidrógeno no es tóxico, por lo que en caso de que no haya combustión su riesgo para la salud humana se limita al desplazamiento del oxígeno en ciertas condiciones.</li> <li>➤ La alta temperatura de combustión espontánea del hidrógeno.</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Problemas de almacenamiento.</li> <li>➤ Los medios convencionales de producción de hidrógeno son altamente contaminantes.</li> <li>➤ Debido al pequeño tamaño de su molécula, el hidrógeno es altamente fugable.</li> <li>➤ El hecho de que hidrógeno es invisible e inodoro hace que los escapes sean indetectables con los sentidos por lo que se requiere tener equipos de detección especializados.</li> <li>➤ Su llama, además, es invisible a la luz del día.</li> <li>➤ Su tecnología de utilización también necesita más investigación.</li> </ul>

Elaboración propia 2014.

Con base en la tabla 9 y en la información, se puede deducir que si bien el hidrógeno presenta muchas ventajas, no se podría crear una “economía del hidrógeno” ya que la producción de energía es sólo un apartado de la gama de posibilidades de la actual economía del carbono; características como la producción de químicos derivados del petróleo evitan que el hidrogeno como tal pueda solucionar el desabasto y decline de los carburantes.

Entre una de sus aplicaciones sobresale su uso para reemplazar el consumo de gasolinas en la industria automotriz, la cual se posiciona como la industria más demandante de petróleo a nivel internacional y la mayor productora de CO<sub>2</sub>; contrarrestando la huella ecológica que se produce de la quema excesiva de combustibles vehiculares.

El inconveniente de este proceso sería el cambio de centrales gasolineras por centrales de distribución de hidrógeno, ya que requeriría de una enorme inversión en infraestructura y tecnología. Más, su capacidad de almacenamiento le confiere posicionarse entre los métodos preferidos para suprimir el uso de gasolinas, así como que pueda conjuntarse con otras energías renovables tal como la energía solar o la eólica para generar electricidad durante el proceso de la electrolisis.

Teniendo como inconveniente que la manera en que se puede almacenar necesita de mayor investigación y desarrollo científico; aunque, si ya existen autos que emplean celdas con base de hidrógeno resulta factible pensar que en la próxima década ya no será ningún problema.

#### **2.2.5.- Biomasa y residuos sólidos urbanos**

La biomasa es el primer energético del cual dispuso la humanidad una vez controlado el fuego, utilizado para crear casas o cocinar y que hasta el día de hoy sigue siendo el medio energético de millones de personas tal como se ha expuesto en el apartado 2.2.

Por biomasa de acuerdo a la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588 es:

“todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”.<sup>119</sup>

Al igual que la mayoría de las energías renovables ya mencionadas, la biomasa tiene su origen en el Sol, siendo el principio de todo el ciclo la fotosíntesis vegetal, la cual por medio de enzimas dentro de la clorofila es capaz de convertir la energía luminosa del Sol en energía química acumulada en carbohidratos.

Dicha energía es transferida a los animales que las consumen a través de lo que se conoce como la cadena alimenticia e igualmente acumuladas por estos, incluyendo a los humanos.

Los subproductos a través de los cuales puede obtenerse la biomasa son por ejemplo:<sup>120</sup>

- Residuos de cosechas: maloja de caña, malezas, paja, rastrojo de maíz y otros cultivos, forraje deteriorado.
- Restos de origen animal: residuos de establos (estiércol, orina, paja de camas), boñigas de cabras y ovejas, desperdicios de matadero (sangre y vísceras), desperdicios de pesca, restos de lana y cuero.
- Residuos de origen humano: basura, heces, orina.
- Residuos agroindustriales: tortas de oleaginosas, bagazo, salvado de arroz, desechos de tabaco y semillas, desperdicios del procesamiento de hortalizas y frutas, limos de la prensa en ingenios, residuos de té e industria textil.
- Industria forestal: ramitas, hojas, cortezas, ramas, aserrín.
- Restos de plantas acuáticas: algas marinas, camalotes.

---

<sup>119</sup> Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (Madrid, España), *Manuales de energías renovables, energía de la biomasa*, pág. 7, texto completo en [http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos\\_documentos/Biomasa.pdf](http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Biomasa.pdf), consultado el 3.02.2014.

<sup>120</sup> *Energía de la biomasa y los residuos sólidos*, texto completo en <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo18.pdf>, consultado el 13.02.2014.

- Residuos sólidos urbanos y
- Aguas residuales urbanas.

Por razones que el tema es a gran escala, se hondará poco en el uso rústico de la biomasa, ya que el objetivo de este estudio es ver las posibilidades energéticas con vista a una producción más eficiente.

El uso por comunidades rurales aisladas no se excluye, pues puede potenciarse para darle un uso más fructífero. Por último, la producción de biocombustibles generados de la biomasa será abordada en el siguiente apartado.

Su uso térmico es el más común para los componentes de la biomasa, los cuales pueden ser incinerados para proveer calefacción a un edificio urbano, potenciar calderas industriales o generar energía eléctrica por medio de una turbina de vapor del calor producido.

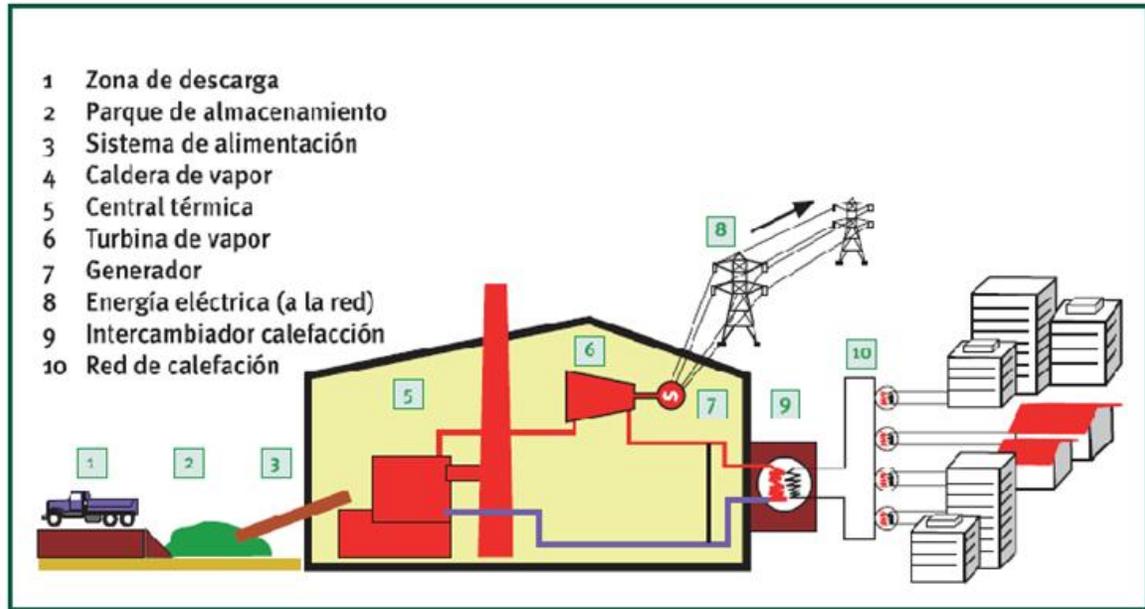
Las materias más utilizadas para las aplicaciones térmicas de la biomasa son los residuos de las industrias agrícolas y forestales, los residuos de actividades silvícolas, de cultivos leñosos.

En muchas ocasiones algunos de estos residuos se transforman en pelets y briquetas, que son astillas molturadas y compactadas que facilitan su transporte, almacenamiento y manipulación; aunque, requieren de un tratamiento previo encareciendo un poco el producto final. Hay bolsas de pelets de hasta 15 kg, otras de mayor tamaño, denominadas “big bag”, que pueden alcanzar los 1.000 kg.<sup>121</sup>

---

<sup>121</sup> Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (Madrid, España), *Manuales de energías renovables, energía de la biomasa*, pág. 24, texto completo en , consultado el 3.02.2014.

### Diagrama 3 Sistema mixto de producción de electricidad y calefacción a base de residuos sólidos



Fuente: Instalación de tres plantas de biomasa en la sierra creará 90 empleos<sup>122</sup>

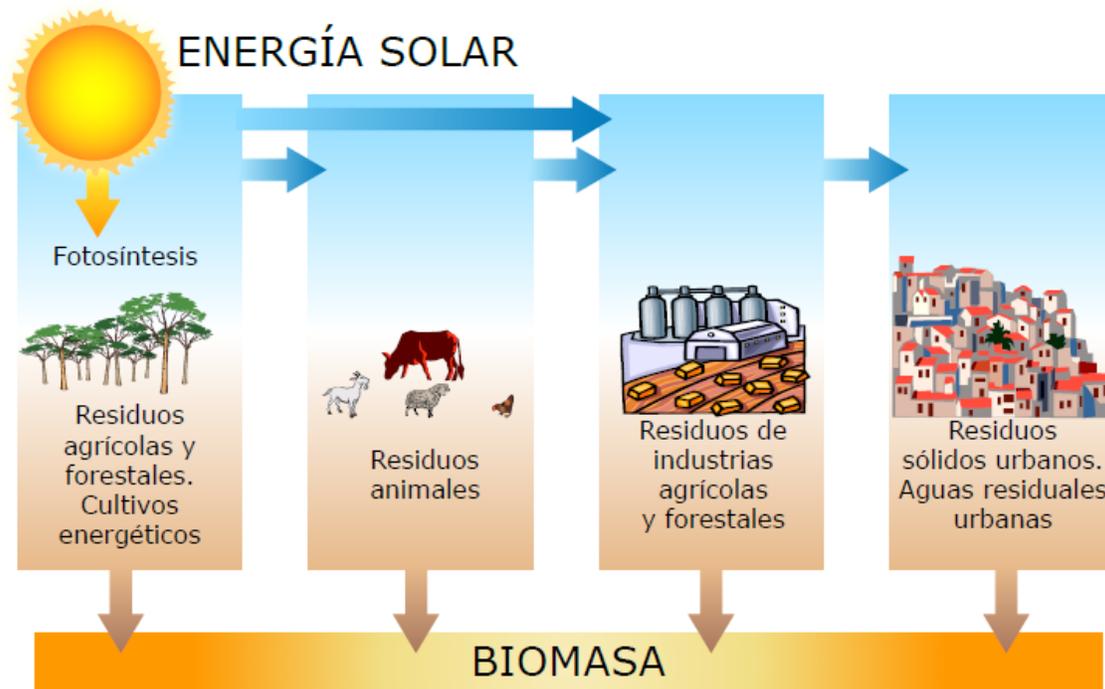
Otros procesos que involucran la incineración de los residuos como la gasificación y la pirolisis también son empleados; sin embargo, el uso del biogás es el más favorable para el medio ambiente e involucra la completa inclusión del sector civil.

Este proceso es efectuado por bacterias mediante digestión anaerobia, donde la fracción orgánica de los residuos se descompone de manera natural en ausencia de aire. Éste ocurre en rellenos sanitarios donde se genera una mezcla de gases, conocida como biogás, cuyos dos componentes principales son el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Si bien la agricultura al igual que la ganadería son las actividades humanas que más contaminan, este nuevo enfoque de reutilización de los desechos en plantas de gas metano como en purificación de agua pueden lograr la conversión de este ciclo en un posible círculo virtuoso.

<sup>122</sup>Texto completo en [http://michelvallalta.blogspot.mx/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://michelvallalta.blogspot.mx/2010_08_01_archive.html).

**Diagrama 4 Sectores a través de los cuales se puede obtener biomasa para la producción de energía**



Fuente: Honduras, nación y mundo<sup>123</sup>

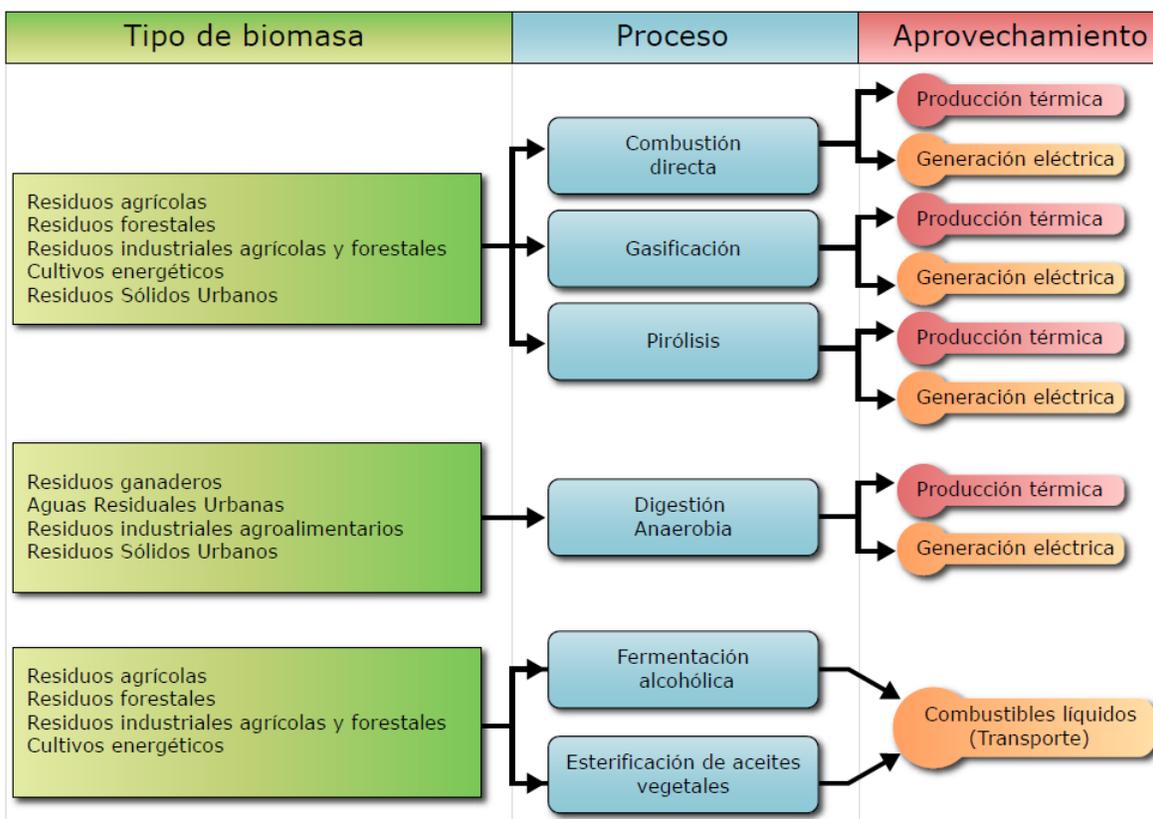
El CO<sub>2</sub> liberado en cantidades controladas es reabsorbido por las plantas y naturalmente convertido de nuevo en oxígeno y biomasa; se denomina en cantidades controladas, ya que pueden aún ser utilizadas y tratadas en plantas purificadoras, en vez de ser liberados de manera desmedida a la atmósfera.

El metano puede ser quemado para producir calefacción, además de energía eléctrica; e inclusive existen compañías como Highland Energy Inc. (corporación privada canadiense) que diseñan, construyen y mantienen sistemas de captación de gases de efecto invernadero. Asimismo, Highland Energy Inc., ha desarrollado un sistema de energía modular para convertir gases de efecto invernadero en energía eléctrica volviendo el proceso menos agresivo con la naturaleza.<sup>124</sup>

<sup>123</sup>Texto completo en [http://hondurasnacionymundo.blogspot.mx/2014\\_02\\_01\\_archive.html](http://hondurasnacionymundo.blogspot.mx/2014_02_01_archive.html).

<sup>124</sup>*Energía de la biomasa y los residuos sólidos*, texto completo en <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo18.pdf>, consultado el 13.02.2014.

**Diagrama 5 Procesos para la utilización de la biomasa**



Fuente: Biomasa<sup>125</sup>

Los residuos sólidos de dicha descomposición son empleados como abono que de forma natural son capaces de regenerar la fertilidad de los campos, los cuales, podrían ayudar a recuperar espacios forestales o agrícolas para hacerlos aptos para la siembra paulatinamente.

Existen zonas rurales en la India y China en donde, por medio de un sistema de recolección de desechos orgánicos en grandes cisternas que permiten la digestión anaerobia, se produce biogás, el cual es capaz de proporcionar energía eléctrica en esas comunidades potencializando el uso de la biomasa en dichas regiones y, otorgando el acceso a la energía a millones de personas como se ha planteado en los Objetivos de Desarrollo del Milenio de Naciones Unidas.

<sup>125</sup>Texto completo en <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo18.pdf>.

En un centro urbano la concientización del separado de basura puede ayudar a minimizar los costes de la generación eléctrica y la calefacción volviéndolos atractivos para involucrar al sector civil. Donde además de ayudar al sector energético, se puede disminuir el impacto ambiental que representan los residuos sólidos urbanos facilitando la reutilización y reciclaje de los mismos.

En cuanto a los costes de instalación, puede llegar a ser elevado ya que un sistema “de ciclo completo” de gran impacto debería incluir camiones equipados para la recolección de residuos, rellenos sanitarios, red de tuberías, tanques de almacenamiento de residuos sólidos para su tratamiento, una planta purificadora de aguas residuales, una planta de uso de biogás y una planta de uso de gases de efecto invernadero; sin embargo, como la biomasa es una materia prima de fácil acceso resulta económicamente viable en mediano y largo plazo.

**Tabla 10 Ventajas e inconvenientes de la biomasa**

<b>-ENERGÍA A BASE DE BIOMASA-</b>	
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potencializa el ya extendido uso de la biomasa en comunidades rurales.</li> <li>➤ Ayuda a disminuir el impacto de los residuos sólidos en el ambiente.</li> <li>➤ Económicamente viable a corto y mediano plazo.</li> <li>➤ Facilita el acceso a la energía.</li> <li>➤ La biomasa es de fácil acceso proveniente de industrias, granjas, centros pesqueros, drenajes y centros urbanos.</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La planta de tratamiento debe encontrarse cerca de los centros de recolección para minimizar costos.</li> <li>➤ Involucra una intensa campaña de concientización social.</li> <li>➤ El uso excesivo y sin control de materiales que no son residuos necesariamente puede provocar un desequilibrio del ecosistema.</li> </ul>

Elaboración propia 2014.

En la actualidad, la biomasa representa un gran porcentaje de uso humano por medio de forma tradicional y rústica de la biomasa; más, los avances tecnológicos

le han conferido relevancia porque además de producir energía puede ayudar a mitigar el impacto ambiental proveniente de la enorme cantidad de residuos sólidos que en su mayoría terminan en rellenos sanitarios.

En la tabla 10 se muestra que además de los comentarios positivos del párrafo anterior, es capaz de promover la conciencia social de un mejor uso del reciclare, reuso y reducción de los residuos sólidos.

Si bien, la agricultura y la ganadería son dos de las actividades humanas más contaminantes, se debe racionalizar el hecho de que a pesar de ser un fenómeno que involucra a la naturaleza en su forma más pura, no se le ha tratado con respeto.

Por ello se busca reivindicar a la biomasa, para darle un enfoque más ecológico en el que se reutilicen y reciclen los residuos de la ganadería y la agricultura para generar energía, así como abono natural que procure resarcir el daño causado a la Tierra con estas actividades.

### **2.2.6 Biocombustibles**

Los biocombustibles son aquellos combustibles producidos a partir de la biomasa y que son considerados, por tanto, una energía renovable. Se pueden presentar tanto en forma sólida (residuos vegetales, fracción biodegradable de los residuos urbanos o industriales) como líquida (bioalcoholes, biodiesel) y gaseosa (biogás, hidrógeno).<sup>126</sup>

---

<sup>126</sup>Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía, *Informe de vigilancia tecnológica, biocombustibles líquidos: biodiesel y etanol*, pág. 14, texto completo en [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt4\\_biocombustibles\\_liquidos\\_biodiesel\\_y\\_bioetanol.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt4_biocombustibles_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf), consultado el 15.02.2014.

El uso de biocombustibles para sustituir el uso de gasoil para la industria automotriz es una idea que se ha desarrollado desde el siglo XIX, que ahora en países como Alemania, Estados Unidos y Brasil se tienen políticas que obligan a mantener una mezcla de gasoil y biocombustibles con porcentajes de hasta un 30% de contenido de biocombustibles, siendo el etanol y el biodiesel los más comunes actualmente.<sup>127</sup>

La primera vez que se realizó un proceso de transesterificación de aceite vegetal fue en 1853, a cargo de los científicos E. Duffy y J. Patrick. Cincuenta años después, Rudolph Diesel presenta en la feria internacional de París su motor de compresión-ignición que funciona con aceite de maní y obtiene el primer premio.<sup>128</sup>

Rudolph Diesel estaba convencido de que el futuro de su motor era funcionar con combustibles producidos a partir de la biomasa. El motor diesel demostró ser un 100% más eficiente que los motores a vapor –que en ese entonces funcionaban a carbón y con aceites procesados– y así logró gran aceptación mundial. El biodiesel no corrió con la misma suerte.<sup>129</sup>

En los años veinte del siglo XX, los fabricantes de este motor decidieron modificarlo para reemplazar el uso de aceites vegetales por diesel mineral. Henry Ford fue otro de los visionarios que impulsó el desarrollo de vehículos que funcionaran a biodiesel sin mucho éxito.<sup>130</sup>

Las oportunidades de desarrollo para los biocombustibles han sido medianamente positivas; más no han sido en condiciones favorables.

---

<sup>127</sup> *Ibidem.*

<sup>128</sup> Pochat Federico, *Biocombustibles: un proyecto de sustentabilidad ambiental y económica*, revista Petrotecnia, texto completo en [http://www.petrotecnia.com.ar/petro\\_08/Biocombustibles\\_SP.pdf](http://www.petrotecnia.com.ar/petro_08/Biocombustibles_SP.pdf), consultado el 15.02.2014.

<sup>129</sup> *Ibidem.*

<sup>130</sup> *Ibidem.*

A lo largo de la historia, el biodiesel resurgió como alternativa en tiempos de crisis y escasez, por ser fácil de producir y por la gran disponibilidad de cultivos energéticos.

Su primera reaparición importante fue durante la Segunda Guerra Mundial en Alemania, y la segunda fue en 1970, durante la llamada “crisis energética”.

El elevado costo del petróleo reavivó el interés en desarrollar el biodiesel como una alternativa al diesel de origen fósil. Sin embargo, una vez pasada la crisis, otra vez se comenzó a aplicar subsidios al petróleo, relegando al biodiesel al estatus de “alternativo”.<sup>131</sup>

Las primeras inversiones para la elaboración de biodiesel a escala industrial se llevaron a cabo en Austria y Alemania. En 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta productora que se denominó RME (Rapeseed Methyl Ester), en la que se extraía biodiesel de la colza. En 1990, Francia lanzó al mercado su propia producción de biodiesel, obtenido a partir de aceite de colza.<sup>132</sup>

Hoy, países como Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiesel en automóviles.

Actualmente, la producción de biocombustibles proviene de la transesterificación de aceites obtenidos del maíz, el girasol, la caña de azúcar, trigo, palma aceitera y soya; más, dichos aceites son empleados como alimentos dándole un giro vertiginoso al uso de los biocombustibles.

Esta idea tiene muchos inconvenientes, de los cuales el de mayor trascendencia es la posibilidad de agravar la crisis alimentaria internacional, a pesar de que

---

<sup>131</sup> *Ibidem.*

<sup>132</sup> *Ibidem.*

existan estudios de agencias internacionales que nieguen dicho planteamiento como la Agencia Internacional de Energía o el Departamento de Energía de Estados Unidos.

Es tan irracional suponer que millones de personas el mundo no tienen que comer y miles más mueren al día, sobre todo infantes, mientras estas instituciones parecen omitirlo.

Y es de suponer que conforme la población mundial crezca y a su vez los requerimientos de energía, la demanda de alimentos sumados a una crisis energética producirá alimentos de baja calidad con costes altos y de difícil adquisición.

Asimismo, hace falta explicar que es la transesterificación, y se produce de una reacción química, en la que se calienta el aceite hasta aproximadamente los 48-50° C. Para mezclarlo se puede utilizar un taladro eléctrico, firmemente sujeto que haga girar una hélice o un mezclador de pintura.

Un giro demasiado rápido produce salpicaduras y burbujas y perjudica el resultado final. Para conseguir un buen resultado se ajusta la velocidad, la forma de la hélice o su tamaño.

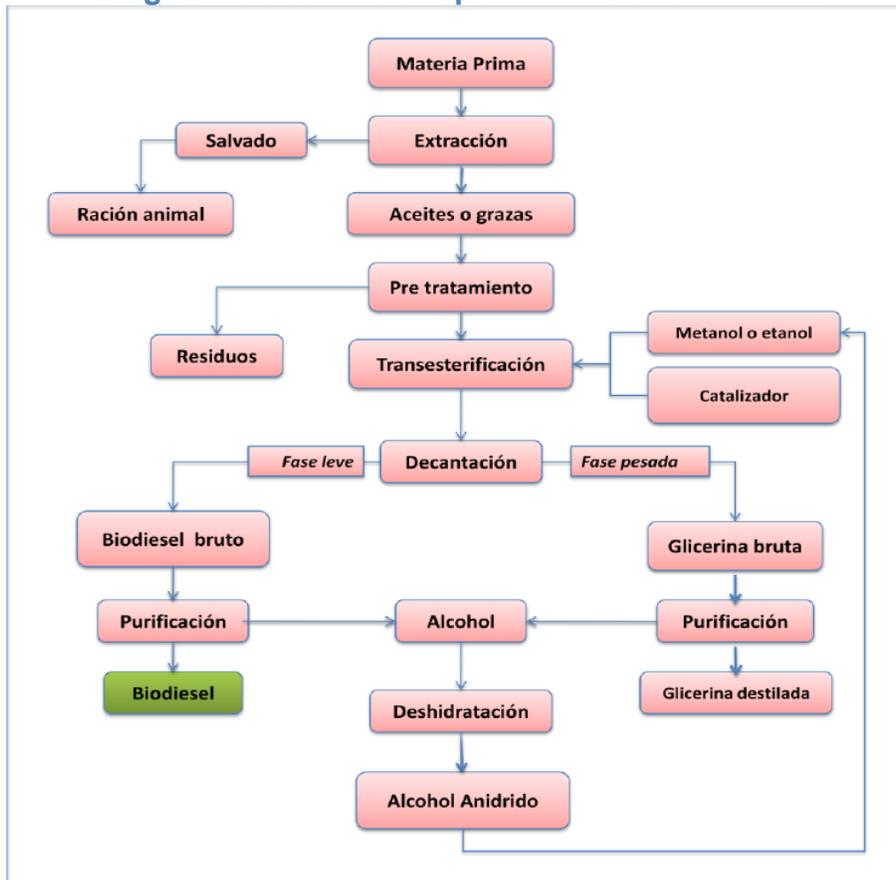
Si se quiere un reactor más silencioso se puede sustituir el mezclador por una bomba eléctrica que bombee el líquido desde una salida en la parte de abajo del reactor y lo lleve a la superficie. La bomba no debe estar muy abajo para que no se estropeeé luego con la glicerina.

Después, se vierte el metóxido en el aceite mientras se bate, y se sigue agitando la mezcla durante 50 ó 60 minutos. La reacción suele completarse en media hora; pero, es mejor batir durante más tiempo.

Durante la transesterificación los ácidos grasos se separan de la glicerina, y el metanol se une a estos ácidos formando metilésteres o etilésteres (si se utiliza etanol). El hidróxido de sodio estabiliza la glicerina.<sup>133</sup>

Retomando los inconvenientes de los biocombustibles, actualmente se ha empezado a crear semillas transgénicas para ser empleadas únicamente para la producción de biocombustibles, lo cual significa que si es una manera de potenciar las propiedades de estas semillas, se requiere de regiones agrícolas aptas para la producción de alimentos que se entregarían totalmente a la producción de biocombustibles.

**Diagrama 6 Proceso de producción de biodiesel**



Fuente: Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe<sup>134</sup>

<sup>133</sup> <http://www.biodisol.com/como-hacer-biodiesel-produccion-y-fabricacion-de-biodiesel-casero/el-proceso-de-transesterificacion-que-convierte-aceites-y-grasas-en-biodiesel/>, consultado el 20.02.2014.

Sin embargo, nuevas investigaciones apuntan a la obtención de biocombustibles a partir de plantas que no son usadas como alimento ni en ningún proceso actualmente útil para los seres humanos, de los residuos como cascara, hojas, semillas, aserrines, cortezas o algas marinas.

A través de un proceso bioquímico o térmico es como se obtienen los aceites u alcoholes que posteriormente se transformaran en biocombustibles.

La producción de biocombustibles líquidos se clasifica de acuerdo a la materia prima que se utiliza para la obtención de aceites de la siguiente manera:<sup>135</sup>

- Primera generación: procedente agrícola completamente como semillas o aceites de uso comestible.
- Segunda generación: procedente agrícola y forestal, alto en contenido de celulosa.
- Tercera generación: procedente de cultivos energéticos como pastos, plantas y árboles de rápido crecimiento así como algas marinas.
- Cuarta generación: procedente de cultivos energéticos con aplicación de bacterias genéticamente modificadas que realizan la mayor parte del proceso.

Además que la elección de la materia prima utilizada en la producción debe ser estudiada para conocer sus propiedades químicas, biológicas, su rentabilidad, nivel de explotación y cultivo para conocer el mejor método –bioquímico o térmico– para obtener ganancias económicas y ambientales.

---

<sup>134</sup> Machado Cristina M., *Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe*, texto completo en [http://www.probiomasa.gob.ar/\\_pdf/biocombustibles-Machado.pdf](http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/biocombustibles-Machado.pdf), consultado el 20.02.2014.

<sup>135</sup> Álvarez Maciel Carlos, *Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional*, págs. 63-65, texto completo en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ\\_biocombustibles\\_4a\\_generación\\_25608.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ_biocombustibles_4a_generación_25608.pdf), consultado el 13.02.2014.

Ya se empiezan a comercializar autos con tecnología “flex-fuel”<sup>136</sup>, capaces de funcionar con etanol o biodiesel y con gasoil, dependiendo de la composición del combustible, lo cual es un signo de que la transición se aproxima y las empresas automotrices lo saben; sin embargo, el aprovechamiento de estos aceites y alcoholes puede ser más complejo que una solución para el transporte.

Para el transporte ya se han investigado autos eléctricos, que utilicen hidrógeno o posiblemente incluso hasta biogás; pero, la razón por la que no se puede crear una economía del hidrogeno y por la cual se ha añadido un capítulo de biocombustibles desligado de la biomasa es que pueden ser utilizados para algo más complejo que un auto.

La economía de los hidrocarburos está basada en energéticos para producción eléctrica, para el transporte, y petroquímica. Al inicio de esta investigación se comentó que existían estas vertientes para lograr una transición.

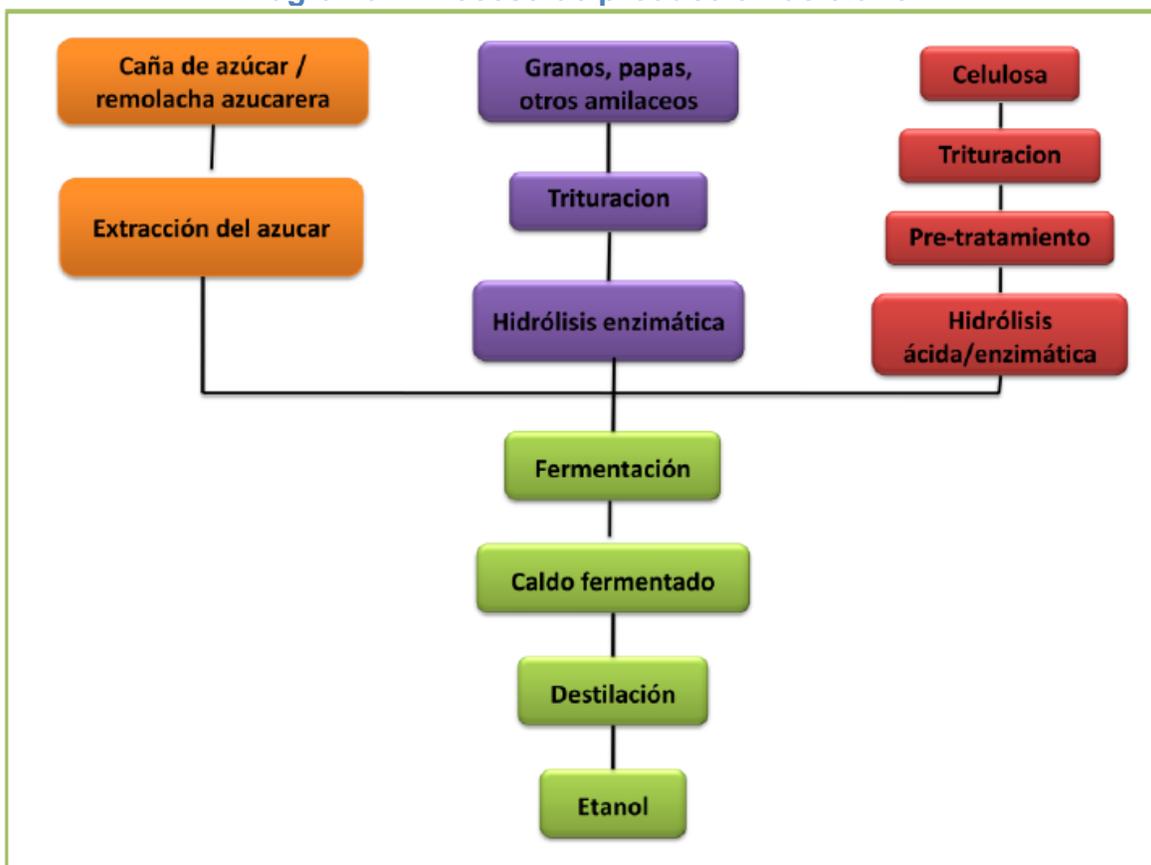
Ya se han abordado los primeros dos puntos; así que la biomasa puede otorgar la respuesta al tercer punto siendo la opción más cercana al englobar todas las necesidades y consolidarse como la opción más viable a una economía total, es decir, a una “bioeconomía”.

Una manera simple de comprender la ambiciosa propuesta de la nueva economía de la biomasa es echando un vistazo a la lista de los productos y servicios cuya fabricación depende de los combustibles fósiles. Después, imaginemos que cada uno de estos sectores productivos “cambia” y adopta materia vegetal como materia prima en vez del petróleo, el carbón y el gas natural. Claro, que dicha propuesta debe complementarse con las demás tecnologías y medios como la solar y la eólica, o se provocará un círculo vicioso como el de los hidrocarburos.

---

<sup>136</sup> *Ibidem* pág. 67.

Diagrama 7 Proceso de producción de etanol



Fuente: Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe<sup>137</sup>

a) Combustibles para el transporte<sup>138</sup>

Actualmente, más del 72% del petróleo termina convirtiéndose en combustible líquido para automóviles, camiones, aviones y calefacción. Los biocombustibles como el etanol y el biodiesel representan sólo el principio de la transformación del mercado de los combustibles líquidos hacia la biomasa. Algunos biocombustibles de nueva generación poseen las mismas propiedades químicas de la gasolina y el combustible para aviones.

<sup>137</sup> Machado Cristina M., Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe, texto completo en [http://www.probiomasa.gob.ar/\\_pdf/biocombustibles-Machado.pdf](http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/biocombustibles-Machado.pdf), consultado el 20.02.2014.

<sup>138</sup> Álvarez Maciel Carlos, Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional, págs. 63-65, texto completo en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ\\_biocombustibles\\_4a\\_generación\\_25608.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ_biocombustibles_4a_generación_25608.pdf), consultado el 13.02.2014.

#### b) Generación de electricidad<sup>139</sup>

Hoy día, el 67% de la producción global de electricidad se realiza a partir de la quema de carbón, gas natural y petróleo. Sin embargo, está creciendo la quema conjunta de carbón y biomasa, registrando una tendencia hacia el uso de astillas de madera, aceites vegetales y residuos municipales como combustibles para la producción de electricidad.

Entretanto, avanzan las investigaciones en “nanocelulosa” y bacterias sintéticas para producir corriente eléctrica a partir de células vivas, con el fin de transformar la biomasa en electricidad sin necesidad de turbinas.

#### c) Químicos y plásticos<sup>140</sup>

En la actualidad, alrededor del 10% de las reservas globales de petróleo son convertidas en plásticos y sustancias petroquímicas. Aunque, para protegerse del alza en los precios del petróleo y reverdecir su imagen pública, las grandes empresas químicas, como DuPont, han puesto la mira en la caña de azúcar y el maíz como materias primas para la producción de “bioplásticos”, textiles y sustancias químicas.

#### d) Fertilizantes<sup>141</sup>

La producción global de fertilizantes consume intensivamente gas natural. Los promotores del biochar (biomasa carbonizada) aseguran que han encontrado una manera biológica de incrementar la fertilidad de los suelos, la cual puede ser producida en escala industrial.

---

<sup>139</sup> *Ibidem.*

<sup>140</sup> *Ibidem.*

<sup>141</sup> *Ibidem.*

Han pasado años desde que el drástico aumento en los precios de los alimentos generó una crisis que alcanzó los titulares noticiosos alrededor del mundo. De pronto, la canalización de las cosechas hacia la producción de “biocombustibles” se volvió un tema de intensa controversia y oposición entre las comunidades rurales, particularmente en el hemisferio Sur.

Mientras los encabezados de los diarios se centraban en el entusiasmo de la industria por el aceite de palma o el etanol de maíz, ésta sólo constituía la punta del iceberg de una transición mucho más profunda y un cambio de trayectoria en la política industrial. Esa trayectoria —hacia la economía de base biológica— está tomando velocidad, acaparando poder político y acumulando muchos miles de millones de dólares en subsidios e inversión privada.

La retórica de una “nueva” bioeconomía, aunque imprecisa, forma parte de un tejido de intereses y encabezados noticiosos, envueltos en la palabrería de moda que permea las políticas ambientales, industriales y de desarrollo, como “sustentabilidad”, “economía verde”, “tecnología limpia” y “desarrollo limpio”.

e) Tres bioeconomías<sup>142</sup>

La bioeconomía describe la idea de un orden industrial basado en materiales, procesos y servicios biológicos. Dado que muchos sectores de la economía global ya están basados en ellos (la agricultura, la pesca y la silvicultura), sus proponentes comentan a menudo de una “nueva bioeconomía” para describir un tipo particular de reinención de la economía global, es decir, una que integre las políticas neoliberales y los mecanismos de financiamiento con nuevas tecnologías biológicas y modos de producción.

---

<sup>142</sup>Los datos siguientes fueron retomados de Grupo ETC, *Los nuevos amos de la biomasa. Biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad*, texto completo en [http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomassters\\_ESP\\_4WEB7jun11\\_0.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomassters_ESP_4WEB7jun11_0.pdf), consultado el 23.02.2014.

Resulta que el término “bioeconomía” se utiliza para describir, al menos, tres conceptos distintos, aunque interrelacionados y que se refuerzan mutuamente, todos ellos basados en la noción de que los sistemas y recursos biológicos pueden ser manipulados para mantener a los actuales sistemas de producción industrial, de consumo y de acumulación de capital:

- Insumos: la economía de la biomasa— A veces, también es conocida como la economía de base biológica o de los carbohidratos. Aquí, el concepto clave es que la producción industrial se traslada del uso de recursos fósiles o minerales (petróleo, carbón y gas natural) hacia el uso de materias primas biológicas, especialmente la biomasa de la materia vegetal, como las astillas de madera, cultivos agrícolas y algas.
- Procesos: la economía de la biotecnología— A medida que el ADN<sup>143</sup> de las células vivas es decodificado en información genética para el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas, las secuencias genéticas adquieren un nuevo valor como nuevos elementos formativos de los sistemas de producción de diseño biológico. La industria transforma organismos transgénicos y sintéticos en “biofábricas” que pueden ser emplazadas en cualquier parte del mundo, ya sea en contenedores o plantaciones. La naturaleza es transformada para adaptarla a los nuevos estilos de vida, obviamente con el respeto y la moral adecuados que no destruyan la naturaleza propia. Un ejemplo de esta idea es la ropa totalmente orgánica o los materiales orgánicos que sean capaces de producir luz como las luciérnagas o los peces abismales.
- Servicios: la economía de los bioservicios— Mientras los ecosistemas se colapsan y disminuye la biodiversidad, los nuevos mercados de los servicios ecosistémicos favorecen el intercambio de métodos y procesos. El

---

<sup>143</sup> Abreviatura del término Ácido desoxirribonucleico.

objetivo declarado es incentivar la conservación, mediante la introducción de nuevas tecnologías que involucren la poca intervención del ser humano en la naturaleza. Aprovechando las bondades de la Tierra como en las energías renovables.

Esta nueva bioeconomía, del modo en que la entienden las corporaciones forestales, de los agronegocios, de la biotecnología, la energía y la química, significa un paso más en el proceso de confinamiento y degradación del mundo natural: privatización de la materia vegetal para transformarla en mercancías industriales, ingeniería de células para someterlas a la producción tipo fábrica y redefinición y reorganización de los ecosistemas para volverlos proveedores de “servicios” de apoyo a la industria.<sup>144</sup>

Hay que analizar que los objetivos de las empresas no siempre concuerdan al 100% con la preservación del ecosistema; pero, que la sociedad civil tiene tanta responsabilidad como las empresas de obtener el nivel de conciencia sobre lo que significa la naturaleza.

Viéndolo no sólo como “algo” de donde se pueden obtener recursos y materias primas, sino como alguien a quien también se le puede dar y retribuir; como la Pacha Mama, como Gaia, como la Madre Tierra.

**Tabla 11 Ventajas e inconvenientes de los biocombustibles**

-Biocombustibles-	
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potencializa el ya extendido uso de la biomasa.</li> <li>➤ Puede ayudar a transitar de la industria petroquímica a una más natural y menos contaminante.</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La planta de tratamiento debe encontrarse cerca de los centros de recolección para minimizar costos.</li> <li>➤ Involucra una intensa campaña</li> </ul>

<sup>144</sup> *Ibidem.*

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es más adaptable a todos los entornos.</li> <li>➤ Altamente sustentable.</li> <li>➤ Atacaría los problemas de abasto energético industrial y residencia, así como al detrimento de la petroquímica.</li> <li>➤ Posibilidad de que la era de los hidrocarburos transite a la era de la biomasa.</li> </ul>	<p>de concientización social.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El uso excesivo y sin control de materiales que no son necesariamente residuos puede desequilibrar el ecosistema.</li> <li>➤ La alteración genética, la patente de procesos o métodos, etc. del ecosistema puede privatizar la naturaleza misma.</li> </ul>
--	--

Elaboración propia 2014.

El uso de la biomasa como combustibles para el transporte parecía una gran solución hace dos décadas; en cambio, la forma en la que ahora se busca la creación de químicos –tabla 11- a partir de la transformación de estos recursos, le confiere a los biocombustibles una pieza clave para la transición energética a diferencia de otros tipos de energías renovables.

Sin embargo, sobreponer el interés comercial y económico de la biomasa al respeto por la vida y la sustentabilidad, podría generar la posible privatización de la naturaleza con fenómenos parecidos al antes mencionado caso del “Cartel de las siete hermanas”.

Propiciando que existan “amos y señores” de la biomasa quienes no sólo condicionaran el quehacer humano, sino también el actuar de la naturaleza; por lo que la concientización del respeto al entorno natural sigue siendo una pieza fundamental en el juego de la transición energética.

### **2.3.- Las posibilidades energéticas como un proyecto de transición**

El principal aspecto a resaltar y explicar es que el uso de toda posibilidad energética –mencionada en esta investigación o no- está compuesta de varios

factores que requieren una sintonía ecuaníme, adecuada a un plan de trabajo detallado para que sean capaces de lograr un avance en materia energética.

Por ello, la investigación y análisis de cada recurso con base en las necesidades de abastecimiento y potencial de producción de cada país, región o lugar es fundamental; debe incluir la creación de un proyecto de acción que tenga como objetivo final la participación de diferentes sectores de la sociedad para lograr la cimentación de una futura y paulatina transición energética.

Es decir, crear un puente que permita moverse de las energías de combustibles fósiles al tipo de energías que se considere adecuado; refiriéndose a energías varias, ya que no existe un tipo de energía que sola sea capaz de dar solución a todas las dificultades derivadas de la transición.

En el capítulo 1, en el diagrama 1<sup>145</sup> se hace referencia a la gran cantidad de factores que dependen de la producción de energéticos la cual requiere de la participación del sector gobierno, de la industria y la sociedad, las cuales sólo pueden conjuntarse mediante los esfuerzos del gobierno.

Siendo el gobierno el eje fundamental de la transición, que si bien no es capaz de crear todas las reglas a nivel internacional, puede adecuarlas a como sea mejor opción a favor de la mayoría, así como ser el enlace entre la industria y la sociedad civil por ejemplo.

Si bien la bioeconomía resulta altamente factible, vislumbrar a las posibilidades energéticas de la misma manera en que se ha tratado a los hidrocarburos podría generar una sobreexplotación de dichos recursos, una mala distribución y la deficiencia de las posibilidades tal como paso con los combustibles fósiles.

---

<sup>145</sup> *Supra* pág. 44.

Además de que un solo método aislado en centrales o yacimientos no lograría un abastecimiento de la energía como lo podría hacer la creación de muchas minicentrales capaces de producir inclusive energía suficiente para su consumo y un excedente posible de comercializar.

Con la idea de que estas posibilidades, en un intento por remediar la posible crisis energética, no se vean obstaculizadas por tener contrariedades ambientales que comprometan de todas formas al planeta y a la continuidad del negocio de los energéticos.

#### **2.4.- El conflicto entre transición y sustentabilidad**

Como ya se ha explicado, llamar a un proceso sustentable depende de que las próximas generaciones no se vean afectadas por dicho procedimiento; de esta idea se puede concluir que las generaciones que comenzaron a explotar los hidrocarburos no adhirieron a sus políticas gubernamentales y sociales el concepto de sustentabilidad.

Una reestructuración de la teoría y la terminología del tema sería que el concepto de sustentabilidad se coloque paulatinamente como un concepto mucho más completo que “alternativo” o “renovable” en vez de considerarlos como sinónimos; ya que la innovación práctica y teórica son complementos de un mejor uso de las posibilidades energéticas.

De tal manera que el concepto de “Seguridad Ambiental” sea tan riguroso en el discurso político como en las leyes y proyectos de cada Estado, que tengan un peso tan fuerte en los Senados y Congresos como el concepto de Seguridad Energética.

Además, promover que las instituciones educativas sean las matrices de una nueva cultura que involucre al entorno empresarial con el entorno ambiental de una manera en la que se le retribuya al ambiente el efecto causado por el uso excesivo de los recursos naturales para la mejora de la economía, el comercio y la calidad de vida.

Los gobiernos también deben alentar a las empresas a tener contemplado un medio de producción de energías renovables al mostrar que son económicamente viables y que ayudan a reducir la huella ecológica.

*“La velocidad a la que colapsa una sociedad es directamente proporcional al conjunto de porquería propagada antes del colapso”*

*Anónimo*

## **Capítulo III**

### **Las alternativas energéticas y la sustentabilidad**

Como ya se ha planteado la hipótesis de una simbiosis entre la sustentabilidad y la energía debe ser uno de los ejes rectores de cualquier plan o estrategia, independientemente de que sea a gran o a pequeña escala, a mediano o largo plazo, o si es en el Continente Americano o en el Europeo.

La sustentabilidad no es sólo un concepto que está de moda y que usan los políticos o los empresarios para quedar bien ante la sociedad, es la base que definirá si un proyecto energético será viable a largo plazo, si será rentable, si dañará en lo menos posible el ambiente o si incluso ayudará a resarcir el daño ya emitido al mismo, etc. Además de que la sustentabilidad incluye una idea fundamental y pocas veces tomada en cuenta: el consumo responsable de energía. Resulta difícil imaginar la cuenta específica de cuantos kilowatt hora se consumen al día por persona física o moral por ejemplo; pero, no es una idea tan

textual, más bien es el hecho de tomar en cuenta las necesidades y tratar de reducir costos por medio del ahorro de energía.

De utilizar equipos ahorradores de energía, incentivar a los empleados a aprovechar y maximizar su eficiencia en el trabajo, desconectar aparatos eléctricos cuando no estén en uso cada día a menos que sea necesario, inclusive en las casas por medio de una cultura ambiental que no sólo ayude en un nivel individual, sino que ayude a la reducción de la huella ecológica de la humanidad.

Así que no es sólo crear mejores y mayores fuentes de energía, sino contemplar que una de las mayores amenazas es el crecimiento desmedido mundial de la población; para la segunda mitad de este siglo se espera que la población aumente de unos 7 mil millones de personas a casi 9 mil millones y con ello se duplique la demanda de energía y alimentos.<sup>146</sup>

Aunque la planificación familiar y poblacional es un tema que necesita una investigación a profundidad a parte, debe ser una pieza clave en la concientización sobre el consumo desmedido de los recursos naturales y la energía.

Por ello, la tecnología se debe desarrollar para poder mezclarse con el entorno natural, de tal manera que sea menos invasiva y que exista un apoyo entre la innovación y la sustentabilidad.

Denotando que es un camino que conduce a la mejoría de la calidad de vida del ser humano, que mejorará la economía y que tardará posiblemente entre 50 y 100 años, y que será la mejor opción.<sup>147</sup>

---

<sup>146</sup>OPEP, *World Oil Outlook 2013*, texto completo en [http://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/woo\\_2013.pdf](http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/woo_2013.pdf).

<sup>147</sup>World Economic Forum, *The Global Energy Architecture Performance Index Report 2013*, texto completo en [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_NR\\_NEA\\_PI\\_2012\\_SP.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_NR_NEA_PI_2012_SP.pdf), consultado el 2.10.13.

### **3.1.- Energía y ambiente**

Si bien la biomasa, la energía geotérmica o el hidrógeno son alternativas totalmente renovables, el uso sin control puede alterar el ciclo natural de estos recursos energéticos, por lo cual es necesario tener en mente que el respeto al ambiente es indispensable en el camino de la transición energética.

No sólo como un discurso lleno de una visión utópica de un mundo feliz, sino como un ejemplo claro de observar el deshielo de los polos y la latente amenaza que representa la fuga de la inmensa cantidad de gas metano debajo del permafrost a la atmosfera, la contaminación de agua potable y tierras fértiles para consumo humano animal y vegetal; el agujero en la capa de ozono y el aumento del calentamiento global, la desaparición de ecosistemas completos y la extinción posible de cientos de especies de flora y fauna, etc.

Hechos provenientes de la nula interacción entre el desarrollo y la ecología, ya que si vivimos en un proceso altamente desarrollista; aún, no es totalmente sustentable, hace falta una replanificación de las grandes urbes y las aéreas rurales, asimismo como de sus necesidades energéticas y alimenticias.

Tomando en cuenta que el Riesgo óptimo no generé consecuencias tan graves como el problema que se intenta enfrentar o frenar; por ejemplo, suponer que el petróleo que se puede extraer de la exploración en el Círculo Polar Ártico depende de su proceso de deshielo para poder hacerlo transitable, es una idea totalmente “antisustentable”, ya que la destrucción de este ecosistema dañaría a las generaciones futuras con la premisa de solucionar medianamente el desabasto energético.

Retomando que la sociedad civil será la más expuesta a los beneficios o las fallas de un determinado plan, también debe involucrarse en la manera en que se disponen de los recursos energéticos, los tipos de productos que desean

consumir, la calidad de los servicios que desean obtener y el nivel de compromiso al cual se deben adecuar los estándares de producción de energía renovable o biocombustibles, igualmente una educación ecológica y una responsabilidad ética como económica.

Las políticas energéticas deben conjuntarse con las prácticas, proyectos o estrategias y el quehacer civil común, teniendo como objetivo principal la transición energética; resaltando que no es un cambio en el que se dejen de utilizar completamente los combustibles fósiles, que es un puente entre la “Era de los hidrocarburos” y la “Era de las energías renovables”.

El uso del Valor de Shapley<sup>148</sup> puede ayudar a generar una repartición equitativa de las ganancias por medio de políticas que involucren a toda empresa al mejoramiento del ambiente y la sociedad; quizá con campañas de concientización y uso de tecnologías sustentables en instituciones de educación superior, campañas de reforestación, planes que ayuden a la administración y rehabilitación del espacio público ecológico por medio de concesiones, etc.

### **3.2.- Consumo energético responsable**

Uno de los principales inconvenientes de toda alternativa energética es que hasta ahora no son capaces de producir el nivel energético que proveen los hidrocarburos; sin embargo, esta premisa en vez de molestar e incomodar a muchos debe de ser el punto de partida para analizar la realidad del consumo energético a nivel mundial.

A nivel personal, residencial, empresarial o gobierno es necesaria la pregunta ¿de verdad se utiliza toda la energía que se consume? Hechos como dejar conectados

---

<sup>148</sup> *Supra* pág. 35.

los aparatos eléctricos todo el día, que a pesar de estar apagados siguen teniendo un consumo mínimo, o utilizar el coche para distancias muy cortas o con el menor número de pasajeros, centralizar el servicio eléctrico y de gasoil; son hechos que generan un efecto de bola de nieve.

No es sólo consumir la energía sino saber emplearla, es decir, poder razonar y decidir con base al conocimiento de la cantidad de energía que se posee como se utilizará dicha energía. Las energías renovables pueden generar menor cantidad de energía; más, eso no significa que no sea la suficiente, es cuestión de saber administrarla.

La aportación del Mecanismo de asignación óptima de recursos<sup>149</sup> a nivel residencial o empresarial es una idea excelente para lograr este objetivo, ya que involucra la administración de los recursos que se disponen; por ejemplo, si una familia calcula el promedio de energía consumida en un periodo de un año o seis meses y conoce el precio del kilowatt/hora podrá obtener el nivel de energía aproximado que consume.

Después aplica medidas como desconectar aparatos que no están en uso, compra electrodomésticos y focos ahorradores, aprovecha la luz del sol para sus actividades, etc., y realiza la misma ecuación tres o seis meses después se puede dar cuenta del ahorro que generan económicamente estas pequeñas acciones; de la misma manera un edificio, una empresa o una fábrica.

Como gobierno una de las ideas que puede ayudar al fortalecimiento de un consumo responsable es facilitar el acceso a las “energías sustentables” a empresas y la sociedad, promoviendo el apoyo a las personas que tengan calentadores solares o disminuyendo impuestos a las empresas que generen de

---

<sup>149</sup> *Supra* pág. 35.

manera comprobable el 30 o 40% de su energía consumida de fuentes renovables quizá.

Cabe aclarar que no es lo mismo crear facilidades para mejorar el consumo de energía responsable que sean capaces de crear un efecto retroactivo a la economía a largo plazo, que uno a corto plazo basado en “regalar” objetos y aparatos sin concientizar sobre sus beneficios y costos.

La reducción de impuestos genera un beneficio que atraerá a más involucrados a querer reducir su pago de los mismos, así como la creación e instalación de equipo que funcionará por un largo periodo de tiempo que reflejará ganancias a largo plazo y generarán fuentes de empleo.

Al contrario, como han realizado algunos países incluyendo México, que regalan o cambian electrodomésticos o celdas solares para uso residencial, lo cual no genera un cambio social ni provoca un movimiento de la economía de las energías renovables, ni genera un cambio en el consumo responsable de energía a largo plazo, ya que lo limita únicamente al periodo que dure el proyecto en cuestión.

Es una manera de ignorar el problema y las consecuencias mientras sea posible, ya que no ataca el problema del consumo irresponsable y sólo mantiene la idea del interés ambiental, más no retroalimenta la sustentabilidad y no es lo suficientemente productivo como para ser rentable.

*“Los hechos no dejan de ser hechos simplemente porque son ignorados”*

*Aldous Huxley*

De forma que si las energías renovables aún no son capaces de generar la cantidad de energía equivalente a los hidrocarburos, conocer la capacidad específica o el límite de producción favorecerá a la concientización de la

problemática, para que el consumo energético no sea una imposición en un futuro, sino una decisión premeditada de un consumo responsable.

### **3.3.- La relación desarrollo-innovación-sustentabilidad: la Tercera Revolución Industrial**

Sólo para retomar, la Tercera Revolución Industrial (TRI) en esta investigación concuerda con la visión del investigador estadounidense Jeremy Rifkin, como la conjunción de los nuevos sistemas tecnológicos con un nuevo método de producción energética que generen una paulatina curva de crecimiento continuo.

Sin embargo, no es tan sencillo como sólo empezar a conducir autos propulsados por hidrógeno y recargar la computadora o el teléfono celular con energía solar, depende de un proceso de acoplamiento que debe apoyarse de la innovación tecnológica, así como de la participación de diversos sectores de la sociedad.

Primeramente, la sociedad actual no se encuentra en un proceso de innovación desde el siglo pasado, ya que si el desarrollo tecnológico avanza, los autos nuevos siguen siendo construidos con motores de combustión interna que necesitan gasolinas fósiles, la industria química desarrolla nuevos compuestos y materiales que siguen siendo derivados del petróleo, y las nuevas computadoras o “tablets” siguen consumiendo energía eléctrica producida de la quema de carburantes.

Para poder lograr una transición a la Tercera Revolución Industrial se deben tomar en cuenta las siguientes características que hicieron que los hidrocarburos se consolidaran como el medio energético por excelencia y otras que serán

necesarias sin importar las alternativas empleadas, que también ayudarán a mejorar el análisis de las posibilidades:<sup>150</sup>

- a. Transportabilidad.- Que los contenedores, cableados o ductos sean capaces de soportar los requerimientos de presión y temperatura necesarios para poder transportar o trasladar los insumos o la energía misma hasta los lugares de distribución y posterior consumo.
- b. Versatilidad.- Que la gama de posibilidades no sea únicamente la producción de calefacción, de electricidad o de combustibles automotrices; que las opciones sean capaces de cubrir la demanda actual de los hidrocarburos en los diversos sectores, productos y servicios como el transporte, la calefacción, la electricidad, medicinas, pesticidas, plásticos, etc.
- c. Energía devuelta sobre energía invertida.- Que los niveles de energía obtenidos representen una ganancia al contrastarlos contra los gastos económicos y energéticos necesarios para producir dicha energía. En este punto se debe pensar en gran escala, ya que se define la rentabilidad de la energía. Pensar cuantos Twh produce una planta geotérmica por ejemplo y de acuerdo a su costo de producción en cuanto tiempo será rentable y si llegará a ser rentable antes de 5 ó 7 años quizá.
- d. Adaptación.- Trata de cuantos cambios serán necesarios para poder ser utilizada esa energía; es decir, de cuánto dinero, energía, tiempo, infraestructuras, capacitación, personal, espacios, estudios, etc., se necesitan para poder ser implementada o en otras palabras, conocerla factibilidad del proyecto.

---

<sup>150</sup>Características de análisis propio, retomadas de Savinar Matt, *Peakoil and the collapse of society*, texto completo en <http://www.librosorevistas.com/s/-pdf.html>, consultado el 17.08.13.

- e. Institucionalización.- Que existan instituciones encargadas de proporcionar estudios e investigaciones del sector energético y niveles de consumo, de mediar los conflictos resultantes de los acuerdos y en su defecto que sean capaces de sancionar a aquellos que incumplan o infrinjan las normas, así como de ser las encargadas de difundir y enfatizar la concientización del consumo responsable de energía.
- f. Renovable y sustentable.- Ya se ha explicado que conllevan los términos renovable y sustentable, lo importante es saber que esto no significa que sean infinitos e ilimitados, sino que necesitan de un proceso de recuperación que de no ser respetado será tan poco viable y destructivo como los combustibles fósiles mismos.
- g. Acceso al agua.- El agua es un factor determinante para la producción de cualquier servicio o producto en este instante como lo será en el futuro, por lo tanto de ello dependen en gran medida los nuevos medios de producción energética. La biomasa, la energía solar, la geotérmica y todas involucran un nivel de consumo de agua que también debe ser respetado, porque es conocido que el 75% de la composición de la Tierra es agua aproximadamente; pero, que sólo el 2% de este recurso es potable.

En Europa y Estados Unidos, la Tercera Revolución Industrial lleva más de 10 años no como una teoría, sino como un plan de acción por lo cual Latinoamérica no debe quedarse detrás de esta transformación mundial.

Para ello Jeremy Rifkin plantea sus objetivos de la TRI en cinco pilares fundamentales:<sup>151</sup>

1. La transición hacia el uso de energía renovable.

---

<sup>151</sup>Rifkin, Jeremy, *La Tercera Revolución Industrial, cómo el poder lateral está transformando la energía y cambiando el mundo*, Paidós Ibérica, España, 2011, pág. 60.

2. La formación del parque de edificios de cada continente en microcentrales eléctricas que recojan y reaprovechen *in situ* las energías renovables.
3. El despliegue de la tecnología del hidrógeno y de otros sistemas de almacenaje energético en todos los edificios, y a lo largo y ancho de la red de infraestructuras, para acumular energías como las renovables, que son de flujo intermitente.
4. El uso de la tecnología de internet para transformar la red eléctrica de cada continente en una “interred” que funcione exactamente igual que el internet (millones de edificios podrán generar localmente –in situ- pequeñas cantidades de energía y podrán vender los excedentes que reingresen en la red, compartiendo esa electricidad con sus vecinos continentales).
5. La transición de la actual flota de vehículos de transportes hacia vehículos de motor eléctrico con alimentación de red y/o con pilas de combustible, capaces de comprar y vender electricidad dentro de una red eléctrica interactiva continental de carácter inteligente.

Tomando en cuenta que a las características como transportabilidad, adaptación, versatilidad, aunado a los cinco pilares que propone Jeremy Rifkin se le debe sumar un sexto pilar a esta lista.

Dicho sexto pilar se definiría como la creación de sustitutos para la producción de químicos, ya que una de las cosas de la consolidación del petróleo en el mundo es la capacidad de influir como energético y como materia prima, con lo cual si no hay sustitutos a la petroquímica jamás se podrá lograr una verdadera transición energética.<sup>152</sup>

---

<sup>152</sup>La proposición de un sexto pilar de la Tercera Revolución Industrial es análisis propio.

Lo más importante es saber que no se intenta promover la aplicación de proyectos ya implementados en países desarrollados como Alemania o Estados Unidos en países como México, sino que las ideas que influyen en las políticas y la Seguridad Energética de estos “países desarrollados” se analicen y se adecuen a las características de cada país para mejorar la autosuficiencia energética.

De tal forma que en México existen plantas de producción energética solar, eólica e inclusive geotérmica, es un país productor de hidrocarburos -principalmente petróleo- y aún así no es capaz de ser energéticamente autosuficiente.

Parte de este rezago se debe a la poca o nula participación del sector universitario en el acontecer de los hidrocarburos y los energéticos, no es como en Estados Unidos, Alemania o Brasil que acercan a los investigadores, profesores y alumnos a la revolución tecnológica-informática-energética.

Por ello diversas instituciones académicas mexicanas conscientes del entorno político, económico y social mundial se han dado a la tarea de generar investigaciones y proyectos que necesitan un apoyo económico-político para poder consolidarse como las ideas que mañana doten a México y posiblemente al mundo de energía, métodos, productos y servicios.

### **3.4.- Proyectos sobre energía renovable actualmente desarrollados en México**

En México, la inversión en materia de energías renovables se encuentra mayoritariamente abarcada por el sector privado, el cual se ha visto beneficiado de la poca participación del sector público en energías renovables.

**Tabla 12 Inversión extranjera directa  
en la industria de energías renovables en México**

AÑO	NÚMERO DE PROYECTOS	MILLONES DE DÓLARES	EMPLEOS GENERADOS
2012	4	1,442	306
2011	5	1,853	880
2010	4	947	226
2009	4	1,024	343
2008	3	912	177
2007	1	104	1,367
2006	1	311	95
2003	1	750	102
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>7,343</b>	<b>3,496</b>

Secretaría de Energía, PROMEXICO<sup>153</sup>

Dicho efecto resulta mínimamente efectivo, ya que como se puede observar en la tabla anterior en un periodo de 8 años con una inversión extranjera directa de 7,343 millones de dólares solo se crearon 3,496 empleos.

Es una cifra que denota que en México no existen las condiciones políticas, económicas ni financieras que apoyen al sector energético nacional; además de que la mayor parte de ese capital invertido no se queda en el país.

Por ello resultaría rentable concretar esfuerzos en rescatar los proyectos mexicanos que puedan promover un nuevo enfoque de las energías renovables y que no sean sobreexplotados ni centralizados como se ha promovido con los hidrocarburos.

La apertura al capital privado debe ser un método de reforzamiento de las empresas estatales, y no una especie de subasta de los recursos nacionales.

<sup>153</sup>Secretaría de Energía, PROMEXICO unidad de inteligencia de negocios, *Energías renovables*, México, 2013, texto completo en [http://www.promexico.gob.mx/es\\_us/promexico/Renewable\\_Energy](http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Renewable_Energy), pág. 19, consultado el 17.08.2013.

## Imagen 11 Principales empresas de energías renovables con presencia en el país



Secretaría de Energía, PROMEXICO<sup>154</sup>

México necesita exportar tecnologías, métodos innovadores de creación u almacenamiento de energías o procesos para crear energía y no sólo ser una “especie de vaca lechera a la espera de ser ordeñada”, tal como se ha ido desarrollando en el actual sistema energético mundial.

Países como Estados Unidos, China, Alemania, España, Dinamarca y Bélgica son grandes inversores en México como se puede observar en la imagen 11.

Más, estos proyectos extranjeros en marcha no están adecuados a las necesidades del país, tal como funciona el horno solar en Morelos por parte del Centro de Investigación en Energía de la UNAM inaugurado en 2011.<sup>155</sup>

<sup>154</sup> Secretaría de Energía, *Op. Cit.*, pág. 15.

<sup>155</sup> Ayala Gustavo y Olvera Leticia, *El horno solar, único en su tipo en Iberoamérica*, Gaceta UNAM # 4 322, 22 de marzo de 2011, págs. 5-6.

Es un instrumento que usa la energía solar concentrada para investigación básica, aplicada y para desarrollo tecnológico, así como en el estudio de varios procesos industriales y el desarrollo de componentes de tecnologías para la generación termosolar de potencia eléctrica, entre otros.

También es un laboratorio donde se puede diseñar, probar, analizar y producir nuevos materiales, además de evaluar propiedades de diferentes fluidos de trabajo, dispositivos aplicados a procesos termodinámicos como receptores y reactores fotoquímicos, todos sujetos a altos flujos radiactivos y/o temperaturas elevadas del orden de mil 500 grados Kelvin.<sup>156</sup>

Teniendo como uno de los principales usos la purificación de aguas residuales para su posterior reuso en la industria.

Asimismo, provee el desarrollo de tecnologías para lograr la inserción del país en materia de energías renovables. Una idea favorable sería la de permitir a las empresas poder establecer concesiones a cambio de promover sus innovaciones y conocimiento en el área con instituciones académicas como en este ejemplo la UNAM.

O la antes mencionada investigación del catedrático de la UNAM también, Pedro Roquero Tejada, quien trabaja en la optimización de la electrolisis del agua para generar hidrógeno por medio de la fabricación de celdas electroquímicas. El beneficio en este caso sería el de poder fabricar un tipo de celda específico capaz de generar una patente de la tecnología implementada y que funcione con agua marina.

También, en la Universidad Autónoma de Chapingo, en Puebla, se están desarrollando investigaciones para poder producir biocombustibles a partir de

---

<sup>156</sup> *Ibidem.*

helechos o arbustos que crecen rápidamente, en áreas pequeñas y con una menor cantidad de agua y no tienen algún uso productivo para el ser humano.<sup>157</sup>

Ahora, supongamos que la tecnología implementada en el horno solar se conjunta con la investigación de celdas electrolíticas y la purificación de aguas residuales, que estas aguas tratadas se utilizan generar biocombustibles, etc., mejorando su rendimiento y productividad.

Un cambio positivo en la relación civil con el sector empresarial en México ha sido la creación de Cámaras o Comités encaminados a cohesionar esfuerzos por medio de intercambio de información, foros abiertos a la participación social y la búsqueda y especialización de capital humano interesado en el tema.

Tal es el caso de los siguientes ejemplos:<sup>158</sup>

I. Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME)

La Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas es un organismo de representación empresarial para las manufacturas e instalaciones eléctricas. Representa y defiende los intereses de carácter general de la industria eléctrica. Tiene la misión de facilitar y coadyuvar al crecimiento y sano desarrollo de las empresas afiliadas.

II. Asociación Mexicana de Proveedores de Energías Renovables (AMPER)

Es una asociación civil mexicana sin fines de lucro que promueve el uso de energías renovables en México y participa en la creación de normas de calidad que regulen el uso y aplicación de equipos que dependan para el funcionamiento de las mismas.

---

<sup>157</sup>Salinas Cesáreo Javier, *Impulsa Chapingo producción de biocombustibles*, La Jornada, 28 enero de 2010, texto completo en <http://www.jornada.unam.mx/2010/01/28/ciencias/a02n2cie>, consultado el 16.08.2013.

<sup>158</sup>Secretaría de Energía, PROMEXICO unidad de inteligencia de negocios, *Energías renovables*, México, texto completo en [http://www.promexico.gob.mx/es\\_us/promexico/Renewable\\_Energy](http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Renewable_Energy), pág. 19, consultado el 17.08.2013.

- III. Asociación Nacional de Energía Solar (ANES)  
Proporciona un foro para la discusión de ideas, la comparación o intercambio de resultados y, en general, la divulgación y promoción de la utilización de la energía solar en sus manifestaciones de radiación solar y del aprovechamiento de los fenómenos que producen en forma indirecta, así como incidir de una manera firme en los organismos que conforman la política energética del país con argumentos técnicos y científicos
  
- IV. Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE)  
Promueve la generación y desarrollo de la energía eólica en México a través de la construcción, instalación, operación y mantenimiento de parques eólicos de gran escala, además de impulsar el desarrollo de la industria nacional vinculada con la fabricación, transporte y suministro de partes para este sector.
  
- V. Asociación Geotérmica Mexicana (AGM)  
Difunde y promueve las actividades de investigación, desarrollo y aprovechamiento de la energía geotérmica en México y en el extranjero, funge como un foro de análisis y discusión que permite el intercambio de conocimientos y las experiencias de sus miembros.

Lo negativo es que uno de los principales fracasos por parte del gobierno es la confusa legislación sobre las energías renovables, la cual tiene como columna vertebral la premisa de explotar los recursos carburantes aún existentes en México y después avanzar en materia de renovables tal como ha sido el caso de naciones como Estados Unidos o Rusia.

Aunque, el análisis conlleva a generar la idea de hacer que los hidrocarburos en el país no sean un escalón más en el puente transitorio a la sustentabilidad energética y posible Tercera Revolución Industrial, sino, que sean un trampolín

que propulsen a México a la inserción actual mundial en materia energética y no que lo hundan en el crepúsculo de la “Era del carbono”.

## **Capítulo IV**

### **Las repercusiones del sistema energético mundial: el posible fin de la era de los hidrocarburos y la transición energética en México**

El actual sistema internacional no sólo energético, sino comercial-económico suele ser de un método a corto plazo con ganancias inmediatas y consecuencias a largo plazo.

Los niveles de inflación aumentan; los precios de la energía, las gasolinas y los alimentos crecen. Las crisis financieras y políticas en países como España, Egipto, Grecia, Ucrania, Libia, Brasil, Venezuela, Argentina, etc. crean efectos negativos tanto a nivel regional como a nivel internacional.

Síntomas de un sistema que está en decadencia, que se debilita y que no necesita ser conectado a un “respirador artificial” por medio de mecanismos políticos insuficientes o falacias de una posible reestructuración sin una profunda visión a futuro.

Hechos que dependiendo de cómo se afronten las situaciones consecuentes se puede transformar en una oportunidad o en un foso de arenas movedizas. Como se ha planteado, la Teoría de Juegos provee herramientas que en un país como México -rico en hidrocarburos aún y mucho más rico en recursos renovables como la energía geotérmica, solar o eólica- puede tener efectos benéficos a largo plazo.

Herramientas que deben ser aplicadas a las políticas gubernamentales y sociales para evitar continuar siendo una nación en vías de desarrollo, para evitar la

intensa dependencia de recursos de los cuales el país posee; pero, que no saben explotar y administrar.

El crecimiento nulo de la economía en el 2013 denota que insertar a México en las nuevas tendencias económicas, energéticas y políticas de los países desarrollados es fundamental para lograr el impulso necesario para posicionarlo entre los grupos que decidan el sendero de las Relaciones Internacionales futuras.

Por su parte, la producción de energía primaria en México disminuyó a una tasa anual de 0.3% desde el 2010. De continuar estas tendencias, tanto en consumo como en producción de energía, para el 2020 México se convertiría en un país estructuralmente deficitario en energía.<sup>159</sup>

Por ello, se deben conjuntar los esfuerzos intergubernamentales a nivel federal y estatal para mejorar la calidad de vida de los nacionales, y también lograr la autosuficiencia energética.

Adicionalmente, se deben considerar elementos internos portadores de futuro del propio sector energético nacional como:<sup>160</sup>

- Papel que asuma la Secretaría de Energía frente a las compañías energéticas.
- Inserción plena o no del sector privado en materia energética del país.
- Incorporación de la ciencia, la tecnología y la innovación nacionales en este sector.
- Capacidad del Gobierno Federal para coleccionar recursos no petroleros.
- Gestión adecuada o no de la transición energética.

---

<sup>159</sup>Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*, pág. 4, [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/ENE\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf).

<sup>160</sup>Martínez Fernández Manuel y Centro de Investigación en energía UNAM, *Planeación energética en México y sus futuros*, Revista digital universitaria, 1 de octubre 2010 Volumen 11 Número 10, texto completo en <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art94/index.html>, consultado el 16.02.2014.

En México existen proyectos y estrategias nacionales de transición energética y aprovechamiento de las energías renovables; sin embargo, ¿son totalmente complementarios para poder lograr dicho objetivo?

#### **4.1.- La Teoría de la implementación y el proyecto federal en materia de energías renovables**

Los proyectos federales en materia energética suelen ser de carácter incompleto e inclusive llegan a ser contradictorios entre sí, porque los objetivos planteados contrastan con los medios para lograrlo, hecho que se abordará oportunamente durante este capítulo.

Erick Stark Maskin contempla en su Teoría de la implementación<sup>161</sup> que la creación de estrategias debe lograr opciones óptimas, tomando en cuenta la factibilidad de dichas estrategias. Si bien en México estas estrategias nacionales actuales son factibles no llegan a ser totalmente óptimas.

La información es un complemento para la Teoría de la implementación, ya que analizar las opciones para saber si son óptimas o no, derivada del conocimiento de las regulaciones en materia energética, tanto a nivel internacional como a nivel nacional y son el primer paso para delimitar los lineamientos y los objetivos de los futuros planes, proyectos o estrategias a nivel nacional.

El panorama en México, como en la mayoría de los países en vías de desarrollo, no presenta claros avances en materia de política energética y los efectos de la actual crisis, la corrupción y los intereses económicos de unos cuantos, sesgan el paso a nuevas oportunidades.

---

<sup>161</sup> *Supra* pág. 33.

Con un marco regulatorio poco claro, reformas insuficientes y planes subsidiarios basados en la explotación del petróleo y gas natural resulta posible que el destino del país continúe dependiendo en más del 50% del precio de venta del crudo, mientras que actualmente el aprovechamiento del Sol para la generación de electricidad no supera el 1%.<sup>162</sup>

Como se puede observar en la imagen 12 en la siguiente página, los niveles de explotación de estos recursos son insuficientes y no únicamente eso, además que las tecnologías implementadas son de origen extranjero. Son muy pocos los ejemplos que existen de equipos que dominen el mercado nacional que hayan sido producto del avance científico y tecnológico o de patentes nacionales<sup>163</sup>.

Un ejemplo claro de ello es el objetivo de transición energética que se obtiene de la Estrategia Nacional para la Transición Energética:<sup>164</sup>

“La transición energética busca, entre otras cosas, incrementar la eficiencia en la explotación de los combustibles fósiles empleados para satisfacer las necesidades energéticas del país. De esta manera, se garantiza maximizar su valor económico”.

Si se plantea la idea de una transición energética, es consumir una menor cantidad de carburantes y no de explotarlos hasta que se “acaben”; no sólo es pensar en su valor económico, también es pensar en la independencia energética y los niveles de consumo.

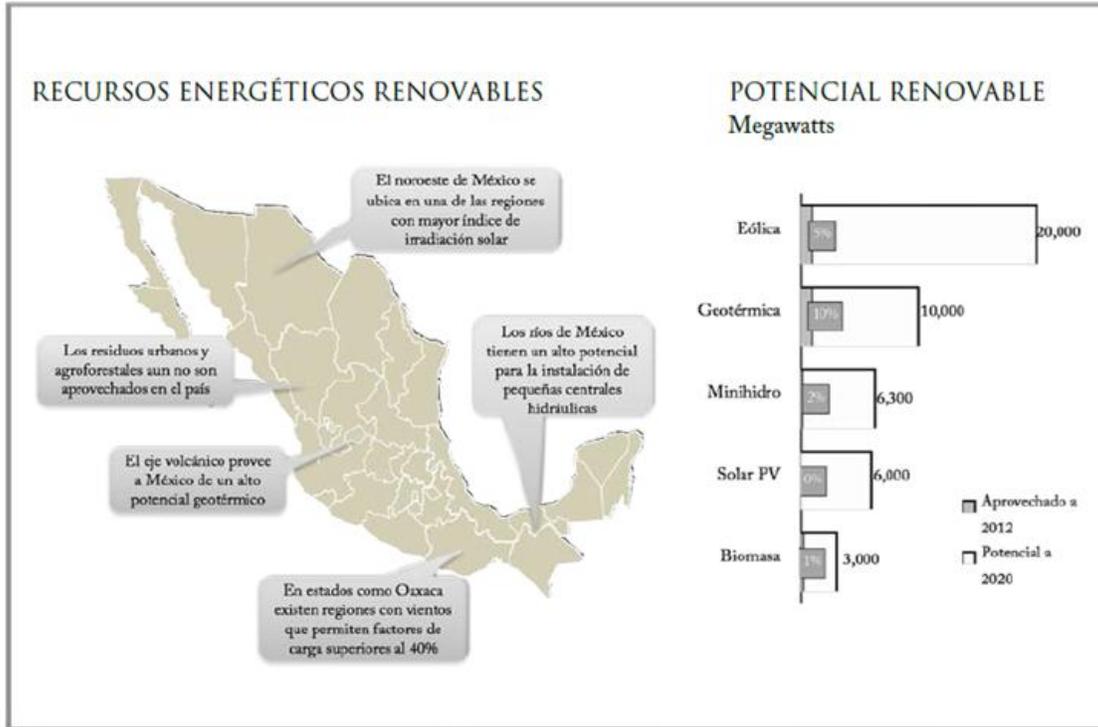
---

<sup>162</sup> Arciga Martín, *Transición energética en México ¿estamos preparados para el cambio?*, revista Schneider en línea # 36 octubre-diciembre, 2009, <http://www.schneider-electric.com.mx/documents/soporte/publicaciones-tecnicas/revista-schneider-en-linea/EnLineaOctubre2009.pdf>.

<sup>163</sup> Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*, pág. 8, [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/ENE\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf).

<sup>164</sup> Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía*, pág. 84, <http://www.sener.gob.mx/res/0/Estrategia.pdf>.

## Imagen 12 Aprovechamiento de los recursos renovables para la producción de electricidad



Fuente: SENER<sup>165</sup>

Por ejemplo, el primer pilar de la Tercera Revolución Industrial es la transición hacia el uso de energía renovable, ideas que en Europa son hechos más que claros mientras que en México ni se plantean como ideas.

Además dicha Estrategia Nacional se basa en los siguientes pilares<sup>166</sup>:

1. Un sector de hidrocarburos fortalecido y eficiente, con una mayor producción de crudo, gas natural, petrolíferos y petroquímicos;
2. Un sector eléctrico confiable, eficiente y fuerte;
3. Una matriz energética diversificada, con una generación de energía eléctrica de 35% a partir de fuentes no fósiles;

<sup>165</sup> *Ibidem* pág. 45.

<sup>166</sup> *Ibidem* pág. 15.

4. Ahorros de energía en el consumo final equivalentes a una cuarta parte del consumo de 2010;

5. Un sector energético más limpio y eficiente; y,

6. Un sector energético que cuenta con la infraestructura necesaria para abastecer la demanda de energéticos a toda la población, detonando el crecimiento económico del país

Mientras que la Estrategia Nacional de Energía contempla la siguiente idea:<sup>167</sup>

“La transición energética en México deberá lograr el correcto balance entre mantener al país económicamente competitivo, tecnológicamente innovador y diversificado, con su contribución al mejoramiento permanente de la calidad ambiental local y el cumplimiento de los compromisos ambientales globales, presentes y futuros”.

Idea sustentada en estos tres puntos:<sup>168</sup>

- 1) El descubrimiento y gran potencial de aprovechar las reservas de gas natural a bajo costo,
- 2) La cuantificación del gran potencial e importantes beneficios ambientales de las fuentes renovables de energía, y
- 3) La revaloración de la opción de energía nuclear dados los grandes avances en seguridad experimentados en la última década y esperados en el futuro

Con estas dos ideas de lo que debe contemplar una transición energética, se puede analizar que no existe un verdadero proyecto de transición; ya que no se deja de lado la explotación intensiva de hidrocarburos, que no se contextualiza la sustentabilidad y que no se propone investigar el potencial de las energías renovables antes de empezar a explotarlo.

---

<sup>167</sup>Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*, [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/ENE\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf), pág. 48.

<sup>168</sup>*Ibidem* pág. 49.

Además, estas ideas contemplan la diversificación energética sin especificar cuáles son esas opciones, puntualizan la mejora del ambiente y proponen la revaloración del uso de energía nuclear suponiendo que es más ecológico ya que no produce CO<sub>2</sub>, sin importar la emisión de desechos radioactivos y el peligro latente que representa un reactor nuclear, tampoco plantea la premisa de que el uranio no es un recurso renovable.

Y ejemplos como éste se pueden encontrar tanto en la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, en la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2012, en la Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026, en la Prospectiva de Petróleo Crudo 2012-2026, en la Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos, etc.

Inclusive se plantea la idea de un “Inventario de recursos naturales”, el cual se basa en el conocimiento de dónde y cuáles son los recursos que posee el país para la aplicación de energías renovables; sin embargo, ¿se creará este estudio para explotarlo o para permitir que los inversionistas aprovechen estos recursos a cambio de un rendimiento mínimo del cual son capaces de poder ser operables?

A pesar de la aprobación de una reforma energética a finales del 2013, la transición energética aún parece lejana ya que los hidrocarburos siguen siendo la base de toda la estructura, ahora bajo la imagen del gas natural, el cual sigue planteando problemáticas similares al petróleo.

¿Una reforma energética es la verdadera solución para enfrentar la problemática o es un poco de “soma” que mantiene viva la esperanza de un futuro mejor?

#### **4.2.- ¿Reforma energética o petrolera?**

Para comenzar a responder la pregunta anterior resulta de gran importancia conocer los motivos por los cuales se ha creado esta reforma de acuerdo a lo que

comenta el gobierno federal, para ser más preciso la presidencia y en concreto lo que el presidente Enrique Peña Nieto ha plasmado en el comunicado oficial que se transmite a toda la población –con acceso a internet- sobre las razones del porqué y para qué:<sup>169</sup>

¿Por qué la Reforma?

México se encuentra ante una oportunidad histórica. El país tiene la posibilidad de emprender una Reforma Energética, capaz de transformar y elevar la calidad de vida de todos los mexicanos.

Hoy, gracias a las innovaciones tecnológicas globales y a trabajos de exploración, sabemos que México tiene la oportunidad de un nuevo crecimiento energético.

Contamos con vastos recursos que se encuentran en yacimientos no convencionales, es decir, en aguas profundas y en formaciones de lutitas, de donde se puede extraer petróleo y gas “shale”, como se conoce comúnmente.

En esos recursos energéticos, que antes eran técnica y económicamente inviables, está la nueva oportunidad del país.

Para aprovecharlos, se requieren tecnologías de vanguardia, conocimientos especializados; pero, sobre todo, se necesita una Reforma Energética de fondo.

Hoy, 75 años después de la Expropiación Petrolera, el país exige la misma decisión y determinación de aquel entonces.

Por eso, el espíritu de esta Reforma recupera lo mejor de nuestro pasado, para conquistar el futuro.

Esta Iniciativa de Reforma Constitucional será el primer paso para contar con un sector energético acorde al siglo XXI, competitivo y eficiente, que acelere el desarrollo del país.

---

<sup>169</sup><http://www.presidencia.gob.mx/reformaenergetica>.

Por ello, confío en que el debate de esta Iniciativa de Reforma se centrará en cómo sí transformar a México; en cómo sí modernizar nuestro sector energético; en cómo sí cambiar lo que hoy ha impedido avanzar al país.

Con esta Reforma haremos del sector energético uno de los motores más poderosos de la economía nacional. Es momento de utilizar toda nuestra energía, para mover y transformar a México.

Enrique Peña Nieto

La respuesta no se encuentra en los hidrocarburos no convencionales ya que en México, los niveles de hidrocarburos probables y posibles –los de tipo shale o no convencionales- superan por mucho los niveles de los mismos comprobados; eso es suponer que el futuro de toda una nación depende de algo que resulte “probable”.

Se debe diversificar las posibilidades no de abastecimiento de un tipo de energético, sino las posibilidades de producir energía.

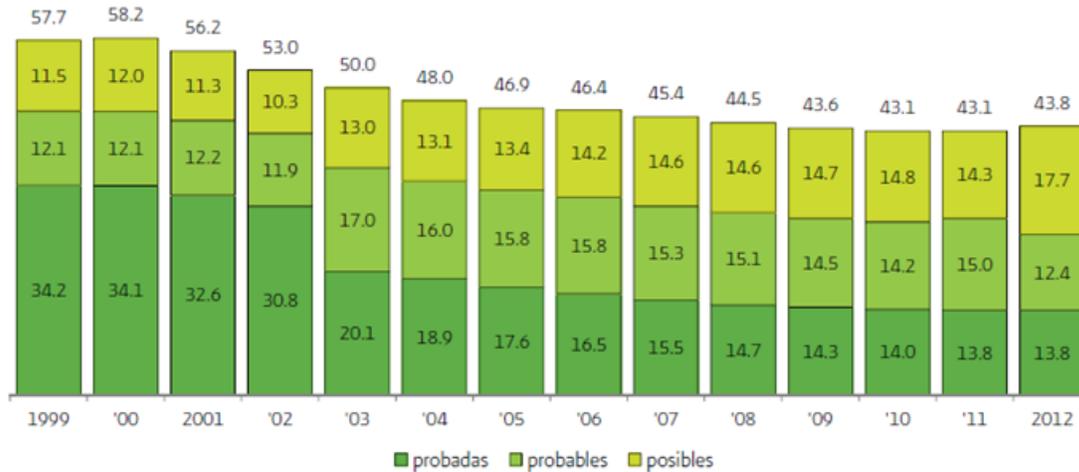
Para cubrir el déficit entre oferta y demanda, será necesario diversificar las fuentes de suministro, para lo cual se consideran las siguientes alternativas: importación por la frontera norte (Chihuahua y Tamaulipas) de gas natural de los Estados Unidos, así como importación de gas natural licuado por Ensenada, Baja California; Altamira, Tamaulipas; y Manzanillo, Colima, estas dos últimas terminales están conectadas al Sistema Nacional de Gasoductos.<sup>170</sup>

La tendencia internacional, así como las ideas de la Teoría de Juegos destacan que deben existir posibilidades, ya que apostar todo a una sola estrategia sin concientizar sobre el Riesgo óptimo, además de imprudente y poco racionalizada, no demuestra el énfasis que la solución del problema necesita. Tal como se puede apreciar en la gráfica siguiente, los recursos no son suficientes.

---

<sup>170</sup>Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*, texto completo en [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/ENE\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf), pág. 23.

**Gráfica 1 Reservas de hidrocarburos en México**  
(Miles de millones barriles de petróleo crudo equivalente)



Fuente: PEMEX

Por ello, una reforma no es complementaria si no se cimienta en bases fundamentales como la sustentabilidad y el consumo responsable. La reforma energética en México contiene algunos defectos que se deben corregir para actualizarlo a las tendencias internacionales.

Los ejes de la reforma son los siguientes:<sup>171</sup>

- I. Fortalecimiento del papel del Estado como rector de la industria petrolera: dotarle de nuevas herramientas para la definición y conducción de la política energética del país, que permitan una adecuada y prudente administración del patrimonio petrolero nacional.
- II. Crecimiento Económico: México está llamado a aprovechar sus recursos energéticos en favor de mayor inversión y generación de más empleos, a partir de iniciativas que promuevan el abasto de energía en cantidades suficientes y a costos competitivos.

<sup>171</sup><http://www.presidencia.gob.mx/reformaenergetica>.

- III. Desarrollo Incluyente: El acceso a la energía permitirá democratizar la productividad y la calidad de vida de la población en las distintas regiones del país.
- IV. Seguridad Energética: Se debe aprovechar la disponibilidad de energía primaria en el territorio nacional para lograr la procuración continua, diversificada y económica del suministro energético para ésta y las siguientes generaciones.
- V. Transparencia: Garantizar a los mexicanos el adecuado acceso a la información sobre la administración del patrimonio energético nacional.
- VI. Sustentabilidad y Protección del Medio Ambiente: Es posible mitigar los efectos negativos que la producción y el consumo de energías fósiles puedan tener sobre la salud y el medio ambiente, mediante la mayor disponibilidad de fuentes de energía más limpias.

Sobre todo el hecho no es evidenciar las carencias y deficiencias del sistema energético mexicano, sino de resaltar las dificultades que presenta para poder definir un mejor plan o proyecto en materia.

Subrayando que la actual “Reforma de gran calado” como algunos la llaman, es insuficiente, sin visión de la transición energética y que no representa el impacto transmitido a través de comerciales que aseguran solucionar las problemáticas derivadas del Pico de los hidrocarburos.

Una de las ideas es analizar como las premisas de la Tercera Revolución Industrial pueden adaptarse al contexto actual mexicano y en su caso si son viables y de qué forma pueden interrelacionarse.

Tal es el caso de la preocupación de algunos sectores sobre la posible privatización de empresas como PEMEX o Comisión Federal de Electricidad; sin embargo, el debate objetivo sería cómo poder dotar de una mayor eficiencia y

funcionalidad a estas empresas para poder consolidarlas en un mundo en transición.

#### **4.3.- Las paraestatales como posibles pilares de la transición energética y la Asignación óptima de recursos**

La reforma energética al igual que las regulaciones en materia de recursos naturales, respaldan el uso de dichos recursos por parte del gobierno mexicano y la disposición con que cuentan para “administrarlos” tal como lo estipula la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 27; más lo importante de esta idea es resaltar cómo se administran dichos recursos.

De esta manera, se asegura que la institucionalización de los bienes se encuentra respaldada por la constitución; más, no se define como es que se procuran generar los mayores beneficios posibles al país conjuntando esfuerzos entre estas instituciones.

Depende de una planeación energética que asegure un suministro de la demanda interna a precios accesibles.

La planeación energética de un país consiste en estimar a corto, mediano y largo plazo la demanda de energía y establecer cómo se va a satisfacer. La demanda de energía se debe a factores demográficos, económicos, sociales, ambientales y políticos, mientras que su satisfacción se lleva a cabo con la energía generada por las diversas fuentes de producción, renovables de preferencia o no renovables. También, es necesario considerar ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía.<sup>172</sup>

---

<sup>172</sup>Martínez Fernández Manuel y Centro de Investigación en energía UNAM, *Planeación energética en México y sus futuros*, Revista digital universitaria, 1 de octubre 2010 Volumen 11 Número 10, texto completo en <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art94/index.html>, consultado el 16.02.2014.

Así, Víctor L. Urquidi, en 1996, definió el concepto de desarrollo sustentable como:

“... aquel que se lleve a cabo sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades... Y está implícita la preocupación por la igualdad social dentro de cada generación...”<sup>173</sup>

Adicionalmente, Urquidi planteó la necesidad de tener nuevos paradigmas:

- Reducción sustancial de energías fósiles e incremento acorde de renovables.
- Tecnología afín.
- Uso mínimo de recursos agotables y contaminantes.

Teniendo en cuenta que el factor tecnológico es la parte de la fórmula que permitirá que un país se desarrolle en el campo de las energías renovables y permita su transición a una nueva era energética.

Por esta razón, PEMEX y Comisión Federal de Electricidad, en colaboración con la SENER (Secretaría de Energía) podrían convertirse en focos de innovación tecnológica por medio de los contratos de inversión con empresas privadas tanto en recursos renovables como en hidrocarburos.

Permitir un intercambio de métodos, sistemas y tecnología por los recursos naturales, que si bien podría limitar el nivel de inversión, resultaría más benéfico para el país a largo plazo.

No es sólo permitir la explotación de los recursos suponiendo que la inversión extranjera es la cura a la problemática energética, ya que la instalación de centros de generación eléctrica por empresas privadas resultaría en la venta de energía

---

<sup>173</sup> *Ibidem.*

producida en el país con recursos de la nación a precios decididos por extranjeros, tal como actúa el mercado mundial de bienes y servicios derivados de la Segunda Revolución Industrial.

La Tercera Revolución Industrial plantea que hace falta una nueva concepción de las instituciones, por lo tanto podría resultar conveniente facultar a las paraestatales mexicanas de herramientas que permitan su diversificación y el desarrollo tecnológico tal como se lo han planteado las empresas transnacionales.

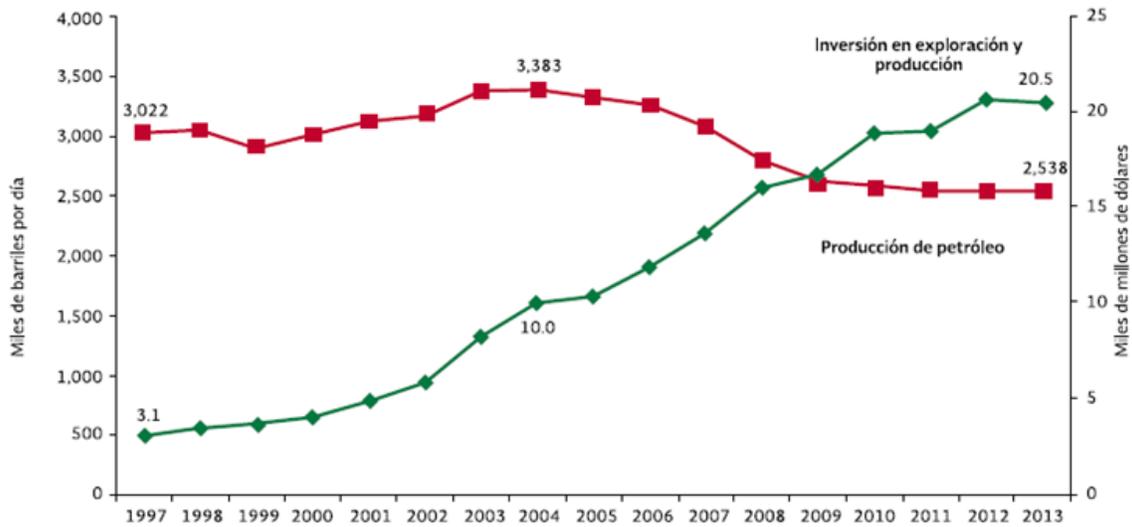
Una de las hipótesis sería dotar a las instituciones paraestatales de una visión empresarial que no se haya visto en otros países:

El permitir que exista un área de desarrollo de sustitutos a la petroquímica convencional hacia una “biopetroquímica” dirigida por PEMEX, que permita la continuidad de la paraestatal, su inserción al mercado internacional, evite su desaparición e inclusive su posible privatización.

Mientras que CFE debería tener una división especializada en la investigación de tecnologías solares o eólicas y trabajar en conjunto con las diversas asociaciones nacionales (CANANE, AMPER, ANES, AMDEE, AGM) para permitir un crecimiento interno tanto tecnológico como económico, que fomente el fortalecimiento del sector energético del país; como uno de los propósitos más importantes de la transición que es la diversificación de fuentes de producción de energía y la paulatina disminución de combustibles fósiles.

En la siguiente gráfica se denota que la inversión –en este caso en PEMEX- no es lo importante, sino en que son empleados esos recursos y que sin un mejor plan que únicamente explotar recursos finitos hasta que escaseen, es un simple juego de Suma cero.

**Gráfica 2 Inversión contra producción de petróleo**



Fuente: PEMEX<sup>174</sup>

De tal manera que la asignación óptima de recursos conforme a la Teoría de Juegos es la relación del conocimiento de los recursos con que se dispone –ya sean naturales, económicos, humanos o tecnológicos- y cómo se administran, de tal forma que busquen lograr los objetivos energéticos en el corto, mediano y largo plazo.

Más los niveles de poca coherencia de planes nacionales en materia energética, sumados a la corrupción y la poca inversión en desarrollo de tecnología completamente mexicana, a pesar de existir una legislación, llevan a considerar que tal vez no sean los recursos de los que se disponen, sino la forma en que se pueden utilizar con un nuevo enfoque de tal manera que el futuro posible sea “mucho menos negro que el petróleo”.

#### 4.4.- Una propuesta de proyecto energético

<sup>174</sup>Gobierno de la República, *Reforma energética, resumen ejecutivo*, texto completo en <http://cdn.reformaenergetica.gob.mx/resumen-de-la-explicacion.pdf>, pág. 5.

Para este punto se retomaran los cinco pilares de la TRI para coincidir como se pueden adaptar al contexto del país sumándole la idea de la propuesta de un sexto pilar que concrete una verdadera transición energética.<sup>175</sup>

- ❖ La transición hacia el uso de energía renovable.

El primer punto es concebir que una transición energética basada en el cambio del petróleo al gas o carbón no es un cambio, es una manera de prolongar el declive de un sistema en decadencia.

Principalmente se debe plantear un proyecto definido y dejar de depender de los hidrocarburos para el abastecimiento de la demanda energética y mejorar el aprovechamiento de las plantas de energía renovable existentes, así como mejorar su eficiencia por medio de una difusión de un buen concepto de transición energética a todos los niveles de la sociedad para poder empezar a conjuntar esfuerzos.

- ❖ La formación del parque de edificios de cada continente en microcentrales eléctricas que recojan y reaprovechen *in situ* las energías renovables.

Promover a nivel federal los beneficios e incentivos fiscales de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética para permitir el crecimiento de estas microcentrales que ayuden a mitigar y descentralizar el impacto de los grandes centros urbanos, permitiendo que en México el alcance a las nuevas tecnologías como paneles solares instalados en las paredes de edificios o tejados de casas habitación sea una realidad, por ejemplo.

---

<sup>175</sup>Retomados del capítulo 3.3 de esta investigación y a su vez de Rifkin, Jeremy, *La Tercera Revolución Industrial, cómo el poder lateral está transformando la energía y cambiando el mundo*, Paidós Ibérica, España, 2011, pág. 60.

Procurando resaltar los beneficios de estas acciones y que pueden conjuntarse con políticas como la separación de residuos sólidos urbanos para mejorar el sistema eléctrico, además de controlar y evitar que comiencen a existir pequeños “jeques” de la electricidad, conociendo los niveles de producción de cada región y su progreso paulatino.

Finalmente, promoverá la creación de empleos y la especialización del sector de bienes inmuebles y de la construcción al abrir el campo a la planeación de edificios inteligentes, su administración, por su puesto su construcción y la adaptación de los edificios actuales.

- ❖ El despliegue de la tecnología del hidrógeno y de otros sistemas de almacenaje energético en todos los edificios, a lo largo y ancho de la red de infraestructuras, para acumular energías como las renovables, que son de flujo intermitente.

Este punto apoya la descentralización de los centros energéticos de consumo y sobre todo de producción, permitiendo un mejor acceso a la energía debido a que si bien el Sol y el viento por ejemplo, se encuentran presentes en cada rincón de la Tierra, no tienen la misma intensidad siempre, por ello conjuntar el segundo pilar con el tercero ayudará a una producción energética mucho más responsable y diversificada tal como se plantea en la Estrategia Nacional de Energía para poder lograr las expectativas de un consumo de casi un tercio de fuentes renovables para el 2027.

- ❖ El uso de la tecnología de internet para transformar la red eléctrica de cada Continente en una “interred” que funcione exactamente igual que el internet (millones de edificios podrán generar localmente *–in situ–* pequeñas cantidades de energía y podrán vender los excedentes que reingresen en la red, compartiendo esa electricidad con sus vecinos continentales).

Para el caso mexicano, este podría ser el punto más complicado de lograr; para que pueda ser logrado hace falta que los otros cinco pilares deban ya estar implementados y en ejecución.

Aunque posiblemente éste deba ser uno de los objetivos finales de la TRI una vez logrados los niveles adecuados de producción energética renovable, ya que existan minicentrales *in situ* que puedan generar interredes a pequeña escala y posiblemente después a nivel país. Con base en los datos ya recabados, asimismo analizados, se podría prospectar el inicio de este pilar para el 2035 en México; suponiendo que para el 2030 se espera que el país se encuentre en plena transición energética con un nivel de hasta el 30% de explotación de energías renovables.

- ❖ La transición de la actual flota de vehículos de transportes hacia vehículos de motor eléctrico con alimentación de red y/o con pilas de combustible, capaces de comprar y vender electricidad dentro de una red eléctrica interactiva continental de carácter inteligente.

Esta premisa promueve también la reducción de la gran importación de gasoil proveniente de Estados Unidos para satisfacer la demanda interna proveniente de los vehículos automotores. De tal manera que atraiga las tecnologías ya generadas por empresas como FIAT, Mitsubishi o General Motors, quienes ya cuentan con autos flex-fuel, autos totalmente eléctricos y avances en la tecnología de vehículos propulsados por hidrogeno, los cuales se pueden conjuntar con el segundo pilar derivado del hecho que pueden ser en este contexto microcentrales *in situ* capaces de satisfacer la demanda de equipos o grupos pequeños por medio de la energía que puedan almacenar.

Esta iniciativa podría comenzar para inicios del 2015 una vez que se conozcan entre los posibles clientes de estos autos los beneficios en cuanto a costos en relación a la tendencia de crecimiento de los precios de gasolinas, para que sean

los mismos clientes quienes pidan a las compañías un mercado de vehículos renovables y menos contaminantes para diversificar su uso y evitar el consumo de productos alimenticios para biocombustibles.

❖ Creación de sustitutos para la producción de químicos.

Derivado del uso de biocombustibles de origen no alimenticio, es decir de desechos forestales o algas, la creación de sustitutos orgánicos para plásticos, químicos farmacéuticos, alimenticios y la patente de estos métodos y productos finales generaría una enorme atracción de la inversión nacional y extranjera.

México debido a su alta explotación agrícola y forestal sumada a la posibilidad de generar campos de cultivo de algas marinas en las costas del país para producir biocombustibles cuenta con los recursos naturales suficientes; sin embargo PEMEX no se ha dado a la tarea de involucrarse en este tema que sería la cúspide no sólo la transición energética, sino la cúspide de una Tercera Revolución Industrial.

Finalizado el análisis de las posibilidades, se debe enfatizar que dichas ideas no se podrían concretar sin la introducción de estas premisas en la perspectiva de Seguridad Energética mexicana y en los proyectos de reforma energética, de lo contrario el rezago seguirá siendo estigma de un país en vías de desarrollo desde el siglo pasado, así como sus consecuencias.

#### **4.5.- Repercusiones del actual sistema energético mundial en México**

El actual sistema energético mundial denota que los recursos fósiles tenderán a ser más difíciles de obtener y que la demanda de los mismos crecerá, provocando que los precios de los suministros de energía aumenten en medida que no se cambien los recursos y la forma en que se genera dicha energía, además del uso responsable de la misma.

México al apostar todo el sector energético en la posibilidad de obtener ingresos de recursos que ya empiezan a resultar económicamente inviables; es decir el gas natural, se arriesga a la dependencia extranjera de nuevos métodos de producción de energía.

Los aumentos en los precios del gasoil promueven la inflación, la cual tenderá a crecer en medida que no se logre la transición de la flota de vehículos de combustión interna a eléctricos o de hidrogeno.

Posiblemente con la inversión extranjera directa en materia de hidrocarburos crezca el Producto Interno Bruto; pero, no significa el incremento del Producto Nacional del Bruto y del Producto Per Cápita. Los ingresos de los mexicanos se verán afectados al permitir que sean las empresas transnacionales involucradas quienes decidan los niveles de explotación y los precios a los que vendan energéticos y energía derivada de recursos nacionales.

Además que las políticas no exigen un verdadero compromiso social a las empresas; adicionalmente promueven la idea de resarcir el impacto ambiental con dinero, el cual no es equivalente a los costos reales en relación del tiempo que tardará el ambiente en recuperarse como es la contaminación del aire, acústica, visual, de mantos acuíferos, etc.

Sumando que el aumento de la población provocará que la demanda de energéticos sin abasto promueva, inevitablemente, la importación de energía e inversión en un flujo de recursos desde el extranjero generando un círculo vicioso sin fin.

Sin embargo, no todo está perdido, las posibilidades existen, los pensadores continúan proponiendo ideas, métodos y conciencia; sólo falta decidir cuando México se involucrará totalmente en el tema.

## **Conclusiones:**

Cuando la Segunda Revolución Industrial logró consolidarse en el escenario internacional propició que la calidad de vida del ser humano creciera y con él se desarrolló la ciencia, el arte, la medicina, el comercio, la economía, etc.

De tal forma que la economía dejaba de tras a la mano invisible de Adam Smith y se pasó de una economía libre a una enjaulada en un nuevo liberalismo; es decir, en neoliberalismo.

Fenómeno que procura el interés económico casi siempre representado por juegos de Suma cero en el que los oligopolios crecieron y se derrumbaron para después crear esos enormes monopolios, quienes en su competencia por acumular riquezas tenían que controlar sus insumos y en conjunto con el gobierno se creó la falacia del neoliberalismo.

Así es como el manejo de la información se vuelve fundamental para lograr el control de los hidrocarburos, tal como lo plantea el teórico de juegos Erick Stark Maskin en la Teoría de la implementación, y los gobiernos vencedores de la Segunda Guerra Mundial instauraron sus nuevas reglas del juego en el que la participación del gobierno era cualquier cosa excepto mínima.

En un contexto contemporáneo y actual, las esferas de poder se redefinieron de un carácter de fuerza estrictamente político-militar hacia un impacto de carácter político, económico y tecnológico.

Se creó una simbiosis entre la economía, la milicia, las finanzas, la industria y el discurso político basados en la explotación intensa de los hidrocarburos; principalmente el petróleo, el cual debido a sus propiedades físicas era más que un simple energético.

La vida de cada persona en la Tierra se volvió dependiente del petróleo y la producción de alimentos, el uso de pesticidas, el transporte de personas y materiales, el cemento para edificios y viviendas, la producción eléctrica, el asfaltado de millones de kilómetros de carreteras, la tecnología de las telecomunicaciones como celulares y computadores, la modernización de la guerra con armas más destructivas y que tienen un rango más amplio de lanzamiento, la conquista del espacio creyendo que hasta las estrellas se encuentran a la espera de un dueño; con la idea de que es desarrollista y visionaría tanta producción.

Más este desarrollo ha generado una deuda tan grande que si una persona se atreviese a pagar de forma monetaria las consecuencias ambientales de la producción de un melón, por ejemplo, la economía no sería lo suficientemente fuerte como para que cualquier persona pudiese conocer el sabor de algo tan simple como un melón y mucho menos llegar a comer carne.

Consecuencias que tenderán a crecer conforme el ritmo de consumo de los hidrocarburos se acelere y disminuyan las reservas de los mismos tal como se observó en la crisis de 2008, en donde los precios del petróleo superaron los 80 dólares por barril, ¿cómo es que algo así puede estar pasando en una era de esplendor tecnológico y científico? Pues a la humanidad le tomó tan sólo 140 años consumir el primer billón de barriles de petróleo, y le tomará sólo 30 años consumir el siguiente billón, quizá esa sea la razón.

La población mundial crece y los requerimientos de energía para cubrir las demandas de alimentos, casas, servicios, entre otros, se magnifican de tal forma que para el 2050 se necesitará el 50% más de la energía que se consume actualmente; hecho que disminuye todavía más el plazo de existencia de los hidrocarburos, por lo cual se ha vuelto prioritaria la búsqueda de alternativas que entre muchas de las características que puedan poseer se destaca que puedan ser sustentables.

Que las opciones sean capaces de promover la transición energética y con ella, la transición hacia una nueva economía y una nueva conciencia, en la que el concepto de energía se ligue íntimamente con el concepto de sustentabilidad y consumo responsable.

Por ello, las alternativas como la energía nuclear no deberían ser consideradas más para este siglo, debido a que si bien no producen emisiones enormes de CO<sub>2</sub>, la radioactividad es altamente contaminante como se ha podido observar por ejemplo en Japón o Estados Unidos.

Posiblemente para algunos el pico del petróleo y el posible fin de la “Era de los hidrocarburos” sea una idea tonta y casi imposible; pero, aproximadamente hace como siete u ocho años el calentamiento global se encontraba en discusión mientras que ahora existen cumbres mundiales para mitigar el crecimiento de este fenómeno climático derivado del consumo desmedido de combustibles fósiles.

El mayor inconveniente con estas alternativas renovables es que no son capaces de producir tanta energía como para lograr la cantidad actualmente generada; más, esta producción menor de energía es la oportunidad de pensar si se consume de manera responsable y si el mayor problema en el futuro será el desabasto energético o sólo es un síntoma de hechos más grandes como la distribución desigual de esta, la mala administración de los recursos disponibles y la acumulación de riqueza sin importar el modo.

Además que las energías renovables también resultan altamente costosas y complicadas; sin embargo, éste es sólo un inconveniente temporal ya que al igual que con el resto de las tecnologías como el automóvil, las computadoras, los teléfonos celulares o el internet, las mejoras y avances tecnológicos de las renovables las harán menos costosas y accesibles en las próximas dos décadas de tal manera que pronto serán más baratas que el petróleo o el gas natural.

Así, que las políticas energéticas, como las implementadas en México, sean deficientes sino tienen una noción más profunda de lo que representa una transición energética y posiblemente la TRI aún es algo lejana; pero, los cambios generados de estas premisas están creando un nuevo orden mundial y una nueva forma de cómo se generarán las Relaciones Internacionales en este siglo.

Por ello, la valoración del Riesgo óptimo de cada opción debe denotar que tanto se requiere cambiar para que pueda ser factible un proyecto de energía renovable.

Es decir, hace falta analizar que un proyecto de producción solar no representaría el mismo riesgo en un lugar como Siberia que en Puerto Rico, que en Tabasco como en Colima.

Asimismo, que derivado del análisis del entorno mexicano se pueda concluir que la inversión masiva en PEMEX es más que una solución mediocre y carente de visión a futuro, se debe promover una idea base de la transición energética en primer término, declarando una posible diversificación de las paraestatales energéticas con una inversión prospectada a las energías renovables.

Y de esta manera generar un abastecimiento energético más confiable en vez de prolongar el actual sistema hasta que México se vea en la necesidad de importar energía de países extranjeros; seguir sumido en la dependencia y fuera del juego internacional de los energéticos.

Teniendo un potencial energético en la producción de energía geotérmica, eólica y solar en principio, prospectada al año 2025 cuando mucho, que lleve a México al siglo de las energías renovables y cambiar el sistema vehicular a uno eléctrico o a base de hidrógeno como propone el mexicano Pedro Roquero.

Como ya se ha resaltado, se espera que para mitad de este siglo -s. XXI- el mundo se encuentre produciendo entre el 45 a 55% de su consumo energético por

medio de energías renovables mientras se proyecta que para el año 2020 en la Unión Europea se logre producir un 20% de la demanda energética, se reduzca en un 20% la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y se destine 20% del presupuesto total de la Unión al desarrollo de este tipo de energías, tomando como referencia la propuesta de los cinco pilares de la TRI de Jeremy Rifkin; ¿por qué México no cuenta con estándares y metas más concretas como estas?

De tal forma que se pueden obtener mayores ganancias utilizando los recursos fósiles aún restantes en México para atraer el interés de empresas que cuenten con equipo de energías renovables, para promover su implementación, regulación y sobre todo administración y uso de estas tecnologías para explotar los recursos naturales de los que México dispone en vez de satisfacer medianamente el consumo interno y externo de energía.

Además, si las sociedades comienzan a ser más autodidactas y autónomas, el camino hacia la transición energética como del pensamiento colectivo serán el principio de la prolongación de la vida tal como la conocemos en vez del inicio de un colapso de toda la civilización en un planeta estéril. Sin embargo, las tendencias de la política internacional denotan que no será un nuevo juego de Suma cero, tal como lo denota el teórico de juegos Thomas Crombie Schelling, la colaboración será el eje rector de las Relaciones Internacionales para este siglo; por lo cual existe una oportunidad de crear un nuevo sistema de esferas de poder liderado por nuevas naciones que posiblemente se involucraran más en el tema.

Aunque un cambio de la sociedad tal como la concebimos es el producto final de un gran cambio a nivel mundial; sin embargo, la adaptación es un fenómeno natural de todas las especies que inclusive en la naturaleza existe la Teoría de Juegos de una forma tan intrínseca que el ser humano debe aprender a utilizar mejor estas herramientas.

Una pregunta interesante de esta transición hacia un nuevo modo de vida en la historia de la humanidad es ¿qué tan preparada está la raza humana para ese cambio y qué está dispuesto a arriesgar en caso de no estar preparado y adaptarse?

Lo único cierto es que la transición energética debe efectuarse en este siglo, antes que las consecuencias de la “Era del carbono” sean irreversibles y que el ser humano se encuentre de cara a una nueva revolución industrial en la que quizá se siga dependiendo de la producción de energía eléctrica, de plásticos, de computadores, de aviones, de barcos; sin embargo, existirán mejores maneras de producir, intercambiar y distribuir todos los recursos y servicios solucionando uno de los tantos problemas que aquejan al ser humano, quien lamentable en su propia naturaleza es capaz de encontrar a su mejor enemigo y con él su propia destrucción.

Aunque, el ser humano es una raza tan adaptable que ha sufrido catástrofes impensables en su larga historia, como la gran glaciación, sobrevivir a bestias y condiciones climáticas crueles, a epidemias, guerras, a su propia ignorancia y a su miedo.

Los genios y humanistas fueron cazados y señalados, como Copérnico, Leonardo Da Vinci, Albert Einstein, Clair Cameron Patterson, etc., y aún así prosperaron sus inventos, sus ideales y sus sueños de un mundo mejor.

Ahora, sin importar el color de piel, la nacionalidad, la religión o el lugar, la humanidad se encuentra de frente a los grandes desafíos de los estragos de la “Era del carbono”; en medio de una “carrera de relevos” que comenzó con el primer ser humano del cual todos somos descendientes, donde quienes poseemos la estafeta en este siglo decidimos la continuidad de esta larga historia que tiene la Tierra y el ser humano con ella.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bermejo, Roberto, *Un futuro sin petróleo. Colapsos y transformaciones socioeconómicas*, Editorial Catarata, España, 2008.
- Cabello Quiñones Ana María, *Solución para el desarrollo sustentable*, REFINOR S.A., Argentina, 2006.
- Crombie Schelling Thomas, *La Estrategia del Conflicto*, Editorial Tecnos, México, 1964.
- Davis Morton, *Teoría de Juegos. Una Introducción no Técnica*, Alianza Editorial, España, 1979.
- Epstein Richard, *The Theory of Gambling and Statistical Logic*, Academic Press, Estados Unidos de América, 1995.
- García Reyes Miguel, *La seguridad energética en el siglo XXI. Los nuevos actores, el gas natural y las fuentes alternas de energía*, García Goldman Karonovsky Editores, 2009, México.
- García Reyes Miguel y Ronquillo Jarillo Gerardo, *Estados Unidos, petróleo y geopolítica. Las estrategias petroleras como instrumento de reconfiguración geopolítica*, Plaza y Valdés Editores, México, 2005.
- Osbourne Martin, *An Introducción to Game Theory*, Oxford University Press, Estados Unidos de América, 2004.
- Rifkin, Jeremy, *La Tercera Revolución Industrial, cómo el poder lateral está transformando la energía y cambiando el mundo*, Paidós Ibérica, España, 2011.
- Roberts Paul, *El fin del petróleo*, Ediciones B, España, 2004.
- Rosell Lastortras Juan, *¿Y después del petróleo qué?*, Editorial Deusto, España, 2007.
- Shubik Martin, *Teoría de Juegos en las Ciencias Sociales. Conceptos y soluciones*, Fondo de Cultura Económica, México, 1996.
- Von Neumann John y Morgenstern Oskar, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Estados Unidos de América, 1953.

## MESOGRAFÍA

- Abramson Guillermo, *Aplicación a la Teoría de Juegos. Aplicaciones en el modelado matemático de sistemas biológicos*, <http://fisica.cab.cnea.gov.ar/estadistica/abramson/notes/Introduccion-a-los-juegos.pdf>
- Agencia Internacional de Energía, *World Energy Outlook 2012*, [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2012\\_free.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2012_free.pdf)
- Álvarez Maciel Carlos, *Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional*, [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ\\_biocombustibles\\_4a\\_generación\\_25608.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ_biocombustibles_4a_generación_25608.pdf)
- Arciga Martín, *Transición energética en México ¿estamos preparados para el cambio?*, revista Schneider en línea # 36 octubre-diciembre, 2009, <http://www.schneider->

[electric.com.mx/documents/soporte/publicaciones-tecnicas/revista-schneider-en-linea/EnLineaOctubre2009.pdf](http://electric.com.mx/documents/soporte/publicaciones-tecnicas/revista-schneider-en-linea/EnLineaOctubre2009.pdf)

- Barrera Adriana, *Reservas probadas de crudo en México suben ligeramente en enero: presidente*, <http://lta.reuters.com/article/domesticNews/idLTASIE92H00Y2013031>
- Bromberg Shirley, *Recordando a John von Neumann*, <http://www.miscelaneamatematica.org/Misc40/Brom-saav.pdf>
- British Petroleum, *Statistical Review of World Energy*, 2012, [http://www.bp.com/assets/bpinternet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2012.pdf](http://www.bp.com/assets/bpinternet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf)
- Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía, *Informe de vigilancia tecnológica, biocarburantes líquidos: biodiesel y etanol*, pág. 14, texto completo en [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt4\\_biocarburantes\\_liquidos\\_biodiesel\\_y\\_bioetanol.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt4_biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf)
- Colin J. Campbell, *Understanding Peak Oil*, <http://www.peakoil.net/about-peak-oil>
- Coloma Germán, *La teoría de los juegos y el funcionamiento de los mercados*, <http://www.ucema.edu.ar/u/gcoloma/temas-coloma-juegos.pdf>
- Departamento de Energía de Estados Unidos, *La energía geotérmica en la actualidad*, <http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/34948.pdf>
- Diario el economista, *Iberdrola conecta los primeros aerogeneradores marinos en el parque británico de Duddon Sands*, <http://www.eleconomista.es/economia/noticias/5494278/01/14/Iberdrola-conecta-los-primeros-aerogeneradores-marinos-en-el-parque-britanico-de-Duddon-Sands.html#kku8GqUJ7KY7TqR4>
- *Desarrollo e implantación de energías renovables*, <http://www.greenjobsproject.eu/fotos/descargas/Ventajas-inconvenientes%20energias%20renovables.pdf>
- *Energía de la biomasa y los residuos sólidos*, <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo18.pdf>
- Galán Figueroa Javier, *Leonid Hurwicz y la teoría del diseño de mecanismos*, [http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/349/349\\_10javiergalanok.pdf](http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/349/349_10javiergalanok.pdf)
- Grupo ETC, *Los nuevos amos de la biomasa. Biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad*, [http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomasters\\_ESP\\_4WEB7jun11\\_0.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomasters_ESP_4WEB7jun11_0.pdf)
- INEGI, *El petróleo ¿Cuánto aporta a la economía?*, <http://cuentame.inegi.gob.mx/economia/petroleo/pib.aspx?tema=E>
- Instituto Nacional de Electrificación, División de Desarrollo Geotérmico (Guatemala), *Energía Geotérmica*, [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA\\_GEOTERMIA.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA_GEOTERMIA.pdf)
- González González Miguel Alejandro, *Geotermia como alternativa energética en México, ¿es realmente viable? (Estudio realizado en el campo geotérmico de los Humeros, Puebla, México)*, <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/treMiguelGG09.pdf>

- Ivorra Carlos, *La Axiomática de la Teoría de Conjuntos*, <http://www.uv.es/ivorra/Libros/Axiomas.pdf>
- Kenneth S. Deffeyes, *Hubbert's: The Impending World oil Shortage*, Princeton University Press, 2008, <ftp://ftp.press.princeton.edu/pub/bookdata/chapters/bnsamp/9780691141190.pdf>
- Linares Hurtado José Ignacio y Moratilla Soria Beatriz Yolanda, *El hidrógeno y la energía*, texto completo en [http://www.ica.es/contenidos/contenido\\_fichero.php?contenido=817](http://www.ica.es/contenidos/contenido_fichero.php?contenido=817)
- López Fidalgo Jesús, *Teoría de Juegos*, texto completo en [http://www.uclm.es/profesorado/jesuslopez\\_fidalgo\\_juegos.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/jesuslopez_fidalgo_juegos.pdf)
- López Ortiz Benjamín, *Teoría de Juegos*, <http://www.economia.unam.mx/profesores/blopez/presjuegos.pdf>
- López Patricia, *Corriente eléctrica a partir de hidrógeno con celdas electroquímicas*, Gaceta UNAM, Número 4,511, <http://www.dgcs.unam.mx/gacetaweb/2013/130506/gaceta.pdf>
- Machado Cristina M., *Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe*, texto completo en [http://www.probiomasa.gob.ar/\\_pdf/biocombustibles-Machado.pdf](http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/biocombustibles-Machado.pdf)
- Martínez Fernández Manuel y Centro de Investigación en Energía UNAM, *Planeación energética en México y sus futuros*, Revista digital universitaria, 1 de octubre 2010 Volumen 11 Número 10, <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art94/index.html>
- Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación de España, *Países BRICS*, <http://www.exteriores.gob.es/PORTAL/ES/POLITICAEXTERIORCOOPERACION/PAISESBRICS/Paginas/InicioBrics.aspx>
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (Madrid, España), *Manuales de energías renovables, energía de la biomasa*, pág. [http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos\\_documentos/Biomasa.pdf](http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Biomasa.pdf)
- Nuñez Alba Jorge, *Historia atómica*, versión completa en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Proyecto\\_Manhattan\\_1942-44\\_Historia\\_atomica\\_Proyecto\\_CyS\\_8nov\\_2011\\_17897.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Proyecto_Manhattan_1942-44_Historia_atomica_Proyecto_CyS_8nov_2011_17897.pdf)
- OPEP, *World Oil Outlook 2012*, [http://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/WOO2012.pdf](http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO2012.pdf)
- Organización RAND <http://www.rand.org>
- Pereyra Andrés y Triunfo Patricia, *Oligopolio*, <http://decon.edu.uy/~mito/nota%20oligopolio.pdf>
- Pochat Federico, *Biocombustibles: un proyecto de sustentabilidad ambiental y económica*, revista Petrotecnia, texto completo en [http://www.petrotecnia.com.ar/petro\\_08/Bio\\_combustibles\\_SP.pdf](http://www.petrotecnia.com.ar/petro_08/Bio_combustibles_SP.pdf)
- PROMEXICO, [http://www.promexico.gob.mx/es\\_us/promexico/Renewable\\_Energy](http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Renewable_Energy)
- *Prospectiva de petróleo crudo 2012-2026*, pág. 22. Texto completo en [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PPCI\\_2012\\_2026.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PPCI_2012_2026.pdf)

- *Protocolo de Kioto*, texto completo en <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Energia-y-cambio-climatico/COP16/Antecedentes/Protocolo-de-Kioto/>
- Revista Asturiana de Economía, *Perspectivas sobre el diseño de mecanismos en la teoría económica*, [http://www.revistaasturianadeeconomia.org/raepdf/44/P37\\_64%.pdf](http://www.revistaasturianadeeconomia.org/raepdf/44/P37_64%.pdf)
- Revista de Economía Política de Buenos Aires, *Diseño de mecanismos: cómo implementar objetivos sociales*, [http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/economia/nuevo/publicaciones/files\\_publicaciones/Repba/9-20\\_maskin.pdf](http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/economia/nuevo/publicaciones/files_publicaciones/Repba/9-20_maskin.pdf)
- Roger B. Myerson, *Learning from Schelling's Strategy of Conflict*, <http://home.uchicago.edu/rmyerson/research/stratofc.pdf>
- Reforma energética, <http://www.presidencia.gob.mx/reformaenergetica>
- Salinas Cesáreo Javier, *Impulsa Chapingo producción de biocombustibles*, La Jornada, 28 enero de 2010, <http://www.jornada.unam.mx/2010/01/28/ciencias/a02n2cie>
- Savinar Matt, *Peak oil and the collapse of society*, <http://www.librosorevistas.com/s/-pdf.html>
- Schotter Andrew, *Oskar Morgenstern's Contribution to the Development of the Theory of Games*, <http://cess.nyu.edu/schotter/wp-content/uploads/2010/02/%E2%80%9COskar-Morgenstern%E2%80%99s-Contribution-to-the-Development-of-the-Theory-of-Games%E2%80%9D.pdf>
- SEMARNAT, *Transiciones hacia la sustentabilidad*, <http://www.semarnat.gob.mx/temas/pycs/Paginas/transiciones.aspx>
- SENER, *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*, [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/ENE\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf)
- Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía*, <http://www.sener.gob.mx/res/0/Estrategia.pdf>
- SENER, *Iniciativa para el desarrollo de las energías renovables en México, energía geotérmica*, [http://www.energia.gob.mx/webSener/res/0/D121122%20Iniciativa%20Renovable%20SENER\\_Geotermia.pdf](http://www.energia.gob.mx/webSener/res/0/D121122%20Iniciativa%20Renovable%20SENER_Geotermia.pdf)
- SENER, Reservas de Hidrocarburos, [www.sener.gob.mx/webSener/res/204/reservas.doc](http://www.sener.gob.mx/webSener/res/204/reservas.doc)
- Sierra José Luis y Pedro Graciela Elsa, *Energía Geotérmica*, texto completo en <http://www.epen.gov.ar/archivos/educativo/geotermia.pdf>
- Vercelli Amilcar, *¿Qué es la energía eólica?*, <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/08/26/que-es-la-energia-eolica-3/>
- World Economic Forum, *The Global Energy Architecture Performance Index Report 2013*, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_NR\\_NEA\\_PI\\_2012\\_SP.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_NR_NEA_PI_2012_SP.pdf)

## TESIS

- Zavala Herrera, Yessenia, *La crisis energética en Estados Unidos de América. Hacia la formación de un bloque energético en el Hemisferio Occidental y los beneficios para México* (Licenciatura en Relaciones Internacionales), Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 2008.
- Rodríguez Mendoza, Haydeé, *La transición energética mundial del siglo XXI, un recurso energético y ambiental para México* (Licenciatura en Relaciones Internacionales), Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 2011.
- Rachel Strambo, Claudia, *La importancia de la investigación en tecnología energética para el posicionamiento internacional de México y Brasil, en el contexto de la Transición energética* (Licenciatura en Relaciones Internacionales), Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 2011.

## VIDEOGRAFÍA

- Energías limpias en Manos de Negocios Sucios [documental], David B. Islas, España, (33:57), producido por ECO, son., col.
- Energías renovables: energía solar [documental], Carlos Hervella, España, (30 min), producida por Consejería de cultura, comunicación social y turismo de la Xunta de Galicia y FARO, son., col.
- Mad Max [película], Miller George, Australia, 1979, (93 min), producida por Kennedy Miller Productions, Crossroads y Mad Max Films, son., col.
- *Una Mente Brillante* [película], Ron Howard, Estados Unidos, 2001, (135) min., producida por Imagine Entertainment, son., col.
- Wall-E [película], Stanton Andrew, Estados Unidos, 2008, (98 min), animada, producida por Pixar Animation Studios, son., col.
- Waterworld [película], Reynolds Kevin, Estados Unidos, 1995, (136 min), producida por Universal Studios, son., col.