



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

*Oportunidades de investigación y desarrollo de biocombustibles para México en el siglo XXI: un camino sustentable hacia la disminución del consumo del petróleo*

**T e s i s**

Que para optar por el grado de:

**Maestro en Administración**

Presenta:

**Roberto Misael Vega Salinas**

Tutor:

**M.A. José Ricardo Méndez Cruz**  
Facultad de Contaduría y Administración

**Ciudad de México, Noviembre de 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>CAPÍTULO 1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>13</b>
1.1 RESUMEN DE LA SITUACIÓN	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICACIÓN	17
1.4 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS SECUNDARIOS	18
1.5 SUPUESTOS	19
1.6 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.7 HIPÓTESIS	19
1.8 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	20
<b>CAPÍTULO 2 MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>21</b>
2.1 EL NEGOCIO DEL PETRÓLEO Y SUS PRODUCTOS DERIVADOS	21
2.2 INSTITUCIONES RESPONSABLES DEL PETRÓLEO MEXICANO	27
2.3 COMIENZO DE LA EXPLOTACIÓN PETROLERA EN MÉXICO	31
2.4 SITUACIÓN DEL PETRÓLEO: ALGUNOS INDICADORES ACTUALES	37
2.5 LA BIOTECNOLOGÍA COMO UNA ESTRATEGIA SUSTENTABLE ALTERNATIVA	45
2.6 LOS BIOCOMBUSTIBLES	49
<b>CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO</b>	<b>55</b>
3.1 EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DEL SIGLO XXI	575
3.2 ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO	
557	
3.3 ADMINISTRACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA COMO FACTORES DE CAMBIO Y COMPETENCIA EN EL MUNDO	59
3.4 SUSTENTABILIDAD	66
3.5 TEORÍA CONTINGENCIAL	69
3.6 HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS PARA PLANEACIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS	73
3.6.1 MONITOREO TECNOLÓGICO	74
3.6.2 EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN PROYECTO TECNOLÓGICOS	77

3.6.3 PROPIEDAD INTELECTUAL	79
3.7 INTELIGENCIA TECNOLÓGICA COMPETITIVA (ITC)	82
<b>CAPÍTULO 4 MONITOREO TECNOLÓGICO Y EVALUACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES</b>	<b>86</b>
4.1 ESCENARIO ACTUAL DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL MUNDO	86
4.2 BIOETANOL A PARTIR DE CULTIVOS ENERGÉTICOS	93
4.3 BIODIESEL A PARTIR DE CULTIVOS ENERGÉTICOS	99
4.4 PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE CO <sub>2</sub>	105
4.5 PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE PET	113
4.6 PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE BASURA Y DESPERDICIOS.	119
4.7 EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN LOS BIOCOMBUSTIBLES MONITOREADOS	124
<b>CAPÍTULO 5 PROPUESTA</b>	<b>131</b>
5.1. BIOCOMBUSTIBLES DESARROLLADOS EN MÉXICO	131
5.2. MARCO REGULATORIO Y PROGRAMAS DE BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO	139
5.3 CARACTERÍSTICAS Y RESTRICCIONES QUE DEBE CUMPLIR LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN	142
5.4 PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO	145
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>152</b>
<b>Índice Imágenes</b>	
<b>Índice Tablas</b>	
<b>Índice Gráficas</b>	
<b>Índice Figuras</b>	
<b>Índice Diagramas</b>	
<b>Índice Redes Simétricas</b>	
<b>Referencias</b>	

# Agradecimientos

A Dios.

En primer lugar, por formar siempre parte fundamental en mi vida, estando presente en todas mis decisiones, pensamientos, acciones, experiencias y vivencias...eres completamente parte de este logro.

Agradezco infinitamente por haberme brindado fuerza, firmeza, perseverancia, tenacidad, paciencia, amor y vida para lograr culminar con otra increíble etapa de formación académica.

A ti mis éxitos y mi ser.

A mis padres.

Siendo ustedes un ejemplo sumamente importante para mí, gracias por hacerme sentir siempre lleno de amor, fuerza, apoyo, seguridad, sustento. A ustedes les dedico con todo mi amor y orgullo este trabajo.

A mi madre, Beatriz Salinas por ser la mujer más importante en mi vida, inquebrantable, fuerte, amorosa, que como tú no hay ninguna; gracias por el apoyo que siempre me has brindado y porque tú me has enseñado a luchar por alcanzar mis sueños y objetivos de vida.

A ti todo mi amor, mi orgullo y agradecimiento.

A mi padre, Roberto Vega por ser aquel hombre que siempre me ha impulsado a ser mejor persona que ha fomentado en mi valores, consejos, experiencias, religión, educación y un amor que no tiene precio y que de verdad estoy inmensamente agradecido con Dios porque tú hayas sido esa persona a quien yo tengo el orgullo de llamar ¡Papá!

A ti todo mi amor, fiel admiración y total orgullo.

A mi Familia.

Comenzando por mis hermanos, Jaqueline Vega Salinas, Isaías Vega Salinas y Sara Elizabeth Vega Salinas, agradezco a Dios al darme la increíble oportunidad de que ustedes sean mis compañeros de vida y que unidos por la misma sangre hemos compartido travesuras, enojos, alegrías y experiencias únicas que junto con mis padres me han hecho sentir inmensamente lleno de amor y admiración por ustedes como mis más nobles amigos y cómplices. Soy feliz de compartir este logro a su lado.

Gracias por esos increíbles momentos que hemos pasado juntos y que serán parte de mí para siempre. A ustedes todo mi amor.

A mis abuelos, Efrén Salinas y María Lazcano, que siempre han sido ejemplo de amor y de enseñanza por sus grandes anécdotas. A ustedes pilares de una preciosa familia les dedico este logro.

Y todo mi amor.

A mis abuelos, Roberto Vega Aranda y Victoria del Rosario González, ¡qué ambos descansen en paz!, siempre los recordare y llevaré en mi pensamiento como ejemplo de fuerza, lucha y superación.

Para ustedes todo mi amor.

A mis amadas tías, Leticia Salinas, Silvia Salinas, Patricia Salinas ¡Qué descanse en paz!, Yolanda Salinas, Mónica Salinas y a mi tío Efrén Salinas, ustedes que siempre han sido parte primordial de mi vida al brindarme invariablemente todo su apoyo, confianza, respeto y un muy grande amor que mucho se refleja en la persona que hoy soy, con todos ustedes he vivido experiencias increíbles entorno a la música, viajes, conciertos que estoy seguro que siempre formaran parte de mí.

A ustedes con todo mi amor y admiración les dedico este éxito y muy especialmente a ese angelito que siempre vivirá en mi corazón y en mi mente. El orgullo es mío al tenerlas como mis tías.

A mis tíos y tías, Eduardo Vega, Virginia Vega ¡Qué descanse en paz!, Marcela Vega, Susana Vega, Rubén Vega, ustedes que me han brindado apoyo en varias ocasiones de mi vida, con quienes he compartido experiencias y momentos llenos de alegría, cariño y júbilo les dedico este logro académico.

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de compartir aquellos momentos y reuniones familiares tan memorables con personas como ustedes.

A mis primos, ustedes que siempre han sido como unos hermanos para mí, con quienes he podido vivir momentos increíbles, en fiestas, viajes, “festivales” que son parte de nuestra unión, confidencialidad y alegrías. Les dedico este logro y los invito a que no dejemos de luchar por nuestros sueños hasta verlos hecho realidad.

A ustedes con todo mi amor.

Especialmente, quiero agradecer a Angy Domínguez porque ha sido una mujer que me ha hecho sentir un lindo e inquebrantable amor. Con tu apoyo pude consumir esta investigación que indudablemente lleva mucho de ti. Tu amor se ve reflejado día a día con tu paciencia, comprensión, respeto, consejos, espacio y tiempo.

Agradezco a la vida por haberme brindado la oportunidad de conocerte. A ti con todo mi amor.

A mis profesores.

Quiero agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de conocer a un gran ser humano, el Mtro. José Ricardo Méndez Cruz que gracias a su tiempo, orientación, atención y conocimientos en la revisión de esta investigación pude concretar y culminar con este logro académico. Personalmente, lo considero un excelente profesor que con el paso del tiempo se convirtió en un gran amigo que admiro y respeto.





# Introducción

**D**esde principios del siglo pasado, el petróleo ha sido uno de los pilares del desarrollo económico y social de México. La explotación del petróleo ha representado una parte primordial del ingreso económico al Producto Interno Bruto (PIB) del país, siendo la industria energética una de las más representativas y desarrolladas en el territorio mexicano. Este recurso natural es el principal energético de los mexicanos por lo que la intensa explotación y producción petrolera a lo largo del siglo XX y lo que va del presente ha traído muchos beneficios, sin embargo, también ha provocado problemas y riesgos ambientales.

Es primordial mencionar al organismo encargado de la explotación y administración de los recursos petroleros correspondiente a la empresa productiva del Estado Petróleos Mexicanos (PEMEX) que hasta hoy “es la mayor empresa de México, el mayor contribuyente fiscal del país, así como una de las empresas más grandes de América Latina.”<sup>1</sup>

Esta empresa ha sido la encargada de toda la cadena productiva de la industria petrolera en México, hace exploración, explotación, exportación, distribución, comercialización y venta de los productos ya industrializados y transformados lo que le ha dado entradas económicas sorprendentes, por ejemplo, “durante 2012, sus ingresos totales ascendieron a un billón 647 mil millones de pesos, obtuvo un rendimiento de operación de 905 mil millones de pesos y su inversión ascendió a 311 mil millones de pesos.”<sup>2</sup>

Estos son algunos datos que demuestran que esta empresa es una de las de mayor poder adquisitivo en el país y forma parte del impulso al crecimiento económico nacional; sin embargo, desde principios del presente siglo, ha presentado problemas respecto al desarrollo de innovaciones tecnológicas que permitan hacer frente al crecimiento, cambio y competencia del mercado internacional en el que está inmersa esta importante empresa en el siglo XXI. Asimismo, no ha invertido en innovaciones tecnológicas que sean sustentables para el ambiente, economía y la sociedad.

Es evidente que en México se está desaprovechando una gran oportunidad de crecimiento económico y tecnológico, es por ello que se considera que en el

---

<sup>1</sup>PEMEX, Petróleos Mexicanos, “Quiénes somos”, Página Oficial [En línea] [http://www.pemex.com/acerca/quienes\\_somos/Paginas/default.aspx](http://www.pemex.com/acerca/quienes_somos/Paginas/default.aspx) (Consultado el 26 de enero del 2015).

<sup>2</sup>*Íbid.*

país se debe realizar un gran esfuerzo por promover innovación y desarrollo tecnológico con un enfoque sustentable para recursos naturales como el petróleo que se encuentra en constante consumo y por ende con riesgo a agotarse, buscando no dejar de generar un desarrollo económico nacional.

No será fácil realizar un cambio en los energéticos actuales puesto que la utilización de los combustibles fósiles tales como el carbón, el petróleo o el gas natural, han sido grandes motores para el desarrollo de la sociedad global; pero hay que comenzar a pensar que a medida que estos recursos se agotan, se hace más importante transitar hacia un esquema energético sustentable mediante el aprovechamiento de distintas fuentes de energía renovables.

Entre las investigaciones y alternativas energéticas hoy disponibles se encuentran como materia sustentable las denominadas biomasa que son “toda aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente como combustible renovable”<sup>3</sup>, con base en ellas se producen los biocombustibles que son potencialmente un camino sustituto al uso de los combustibles fósiles, sobre todo en el sector del transporte ya que pueden ser transformados en combustible líquido para su uso en motores de combustión interna y para la generación de electricidad usada en vehículos eléctricos. No obstante, hay que tener en cuenta que para el desarrollo y la producción de biocombustibles se debe contar con una factibilidad principalmente técnica, económica y ambiental para que sean benéficos para la sociedad. En el presente trabajo se realiza a través de una investigación documental un monitoreo tecnológico con la que se busca vigilar y estudiar la posibilidad de llegar a una innovación tecnológica adecuada al país para obtener biocombustibles que contribuyan a disminuir la dependencia del consumo de petróleo actual.

Asimismo se estima la factibilidad técnica, económica y ambiental mediante una comparación entre las ventajas y desventajas del universo de biocombustibles que arroja el monitoreo tecnológico para proponer una opción alternativa de investigación y desarrollo (I&D) sobre este tipo de tecnología sustentable en México, que con apoyo de herramientas administrativas de planeación tecnológica se pueda habilitar un proceso cuya base sea a partir de recursos naturales renovables disponibles en el país.

Por el ritmo acelerado de crecimiento demográfico y la explotación desmedida de los recursos naturales con el fin de saciar las necesidades de la

---

<sup>3</sup>Renovetec, “¿Qué es la biomasa?”, 2013 [En línea] <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html> (Consultado el 26 de enero del 2015).

población, es probable que el ocaso del petróleo acontezca en México en dos o tres décadas, por eso es muy importante tomar decisiones concretas sobre el tipo de biocombustible que sea más apropiado desarrollar, apoyándose de herramientas administrativas que generen inteligencia tecnológica competitiva. Es así que este tema engloba varios conceptos y escenarios, los cuales serán desarrollados en esta investigación que consta de cinco capítulos y que a continuación se muestra su estructura y contenido en general.

En el primer capítulo se presenta la metodología, que comprende de los principales puntos del estudio como es el resumen de la situación, el planteamiento del problema, la justificación, objetivos, preguntas de investigación, hipótesis y alcances.

Como segundo capítulo se brinda un marco de referencia, en el cual se señala la situación de la producción de petróleo en México, algunos conceptos referentes a los productos derivados del aceite fósil, su importancia en la economía nacional y en el desarrollo social, asimismo también se señalan los organismos encargados de la explotación del crudo y mediante indicadores se observan los efectos del agotamiento que esta materia prima tiene hoy en día. En este apartado como contexto histórico se revisa a grandes rasgos la explotación y los daños que se han derivado de esta actividad humana.

El tercer capítulo constituye el marco teórico en el cual se propone y se explica la teoría administrativa relacionada al tema y algunas herramientas administrativas y de planeación tecnológica que generan inteligencia tecnológica competitiva como apoyo para la propuesta de habilitación de un biocombustible.

Posteriormente, en el cuarto capítulo mediante un monitoreo tecnológico se exploran y vigilan los desarrollos que la producción de biocombustibles ha experimentado en varios países enfocándose en sus procesos y se señalan las ventajas y desventajas técnico, económico y ambientales de estas innovaciones para así generar una comparación entre las opciones y señalar una propuesta viable; asimismo en este capítulo se exhiben ejemplos de patentes sobre las innovaciones monitoreadas.

Finalmente, como capítulo quinto se presenta de manera general el desarrollo e intentos de aplicación de biocombustibles en México en el siglo XXI así como el marco legal como medio de regulación e impulso en esta área tecnológica para tener un contraste de lo que se ha desarrollado en este tema a nivel nacional respecto a las alternativas internacionales; así es como se llega a la propuesta que está enfocada en la innovación tecnológica que resulte más factible

para la producción de un biocombustible tendiente a resolver la contaminación ambiental y ser una vía alternativa para el consumo excesivo del petróleo en México.

En virtud de lo anterior la presente investigación proporciona una visión general de las contribuciones que se están dando alrededor del mundo en materia de innovación tecnológica de biocombustibles, incluyendo una revisión sobre qué es lo que está sucediendo en la actualidad en México respecto a la industria petrolera, los problemas ambientales y el desarrollo tecnológico; esto permitirá identificar áreas de oportunidad sobre las que se podrá trazar una propuesta en la que deberán participar tanto las instituciones gubernamentales de promoción económica y energética como las instituciones de investigación y desarrollo, para su habilitación. En resumen:

- Se señala el grado de importancia y dependencia del petróleo en la economía mexicana, asimismo se estudia el contexto histórico de su explotación para poder explicar el problema de agotamiento en esta materia prima.
- Mediante el monitoreo tecnológico se identifican oportunidades de investigación y desarrollo en biocombustibles que se han implementado a nivel internacional para compensar el consumo de gasolinas fósiles y el agotamiento de los campos y pozos petroleros.
- Se realiza una comparación y evaluación sobre las ventajas y desventajas que presentan los biocombustibles para así seleccionar y proponer una innovación tecnológica de características sustentables que pueda ser habilitada y que presente factibilidad técnica, económica y ambiental para México.

En virtud de lo anterior la investigación en conjunto con la explicación y puesta en marcha de las herramientas administrativas tecnológicas como el monitoreo tecnológico, la comparación y evaluación de las ventajas y desventajas que presentan proyectos de biocombustibles a nivel internacional, así como presentar ejemplos de la propiedad intelectual que les corresponda, busca generar inteligencia tecnológica competitiva que se resumirá en una propuesta de desarrollo y habilitación.

# Capítulo 1

## Metodología de la investigación

**E**n el presente capítulo se establece la metodología de la investigación la cual contiene un resumen de la situación, planteamiento del problema, preguntas de investigación, justificación, objetivo general, objetivos secundarios, supuestos, hipótesis, y los alcances de la investigación.

Desde principios del siglo XXI se dio una nueva transformación estructural a nivel mundial, la sociedad de la información pasó a ser la sociedad del conocimiento basada en un economía donde el factor principal de desarrollo es el conocimiento o también llamado "*Know how*"<sup>4</sup>. El valor requerido en el capital humano se comienza a manifestar a partir de los conocimientos sobre las actividades que desempeñan; en épocas anteriores se decía que "entre más fuerte más eficiente", en cambio, hoy en día no es necesario el uso de la fuerza puesto que el valor recae en las ideas, saberes o técnicas empleadas en el trabajo realizado.

Poco a poco hacia el conocimiento científico y tecnológico ha sido el factor principal para que en de los últimos 20 años se hayan hecho más descubrimientos que en el resto del siglo pasado. Los avances tecnológicos por principio se han realizado para brindar una vida mejor a la sociedad brindándoles mayor practicidad en toda actividad cotidiana; no obstante, con la misma velocidad se han terminado los recursos finitos y las consecuencias ambientales apenas están siendo vislumbradas.

Hoy en día hay varios problemas que necesitan de atención urgente como la cura para nuevas enfermedades, la sobrepoblación, la pobreza, la alimentación, la contaminación y exterminio del medio ambiente, por ello es necesario una preservación de las materias primas, entre otras acciones; en el caso de México, recientemente ha surgido un problema trascendental en el sector petrolero y como se sabe gran parte del crecimiento económico del país recae en actividades donde el petróleo es el principal activo puesto que se usa para generar electricidad, gasolina, obtener energía calorífica para fábricas, hospitales, oficinas así como diversos lubricantes para maquinaria y vehículos, es entonces que la

---

<sup>4</sup> Know How proviene del inglés y significa: "Saber hacer". Consiste en las capacidades y habilidades que un individuo o una organización poseen en cuanto a la realización de una tarea específica o para el desarrollo de una innovación tecnológica.

preocupación y urgencia se centra en que se está acabando lo que en consecuencia traerá consigo serios problemas en sectores industriales, ambientales y económicos del país.

## 1.1 Resumen de la situación

El agotamiento de los pozos petroleros en México comenzó a tener presencia desde principios del presente siglo XXI, en el año 2004 las reservas de petróleo comenzaron a experimentar disminuciones en las cantidades que se extraían pero para el 22 de agosto de 2014 se intensifica cuando Pemex redujo su expectativa de producción anual de dos millones 520 mil barriles a dos millones 350 mil debido a problemas en la medición de crudo y agua<sup>5</sup>. Previamente, el 13 de agosto, El Financiero publicó “Pemex ‘confunde’ agua con petróleo”; según la nota, “los sistemas de medición en los pozos más viejos que opera Pemex ahora ya son incapaces de diferenciar el contenido de líquido del crudo ‘real’...”; no obstante, el contenido de agua en la producción no es el verdadero factor que hizo ir a la baja la meta de extracción de petróleo para ese año ya que para años posteriores se demostró que sin duda la plataforma de producción petrolera enfrentó la misma problemática, es decir, descendió de manera más abrupta la expectativa de extracción en el país.

Esta situación representa un panorama crítico puesto que la disminución de producción de crudo en el país se da justo cuando la oferta mundial de petróleo crece significativamente y en especial por la mayor producción que Estados Unidos de América (EUA) está generando. Razón por la que, en los últimos años, se registra un desplome en los precios del crudo, que no han logrado estabilizarse; la economía nacional a principios del 2015 se enfrentó a la sobre oferta que los EUA está llevando a cabo del ya famoso “petróleo de esquito” que se extrae con la técnica del fracking<sup>6</sup>, actividad que le ha brindado a su país la extracción de

---

<sup>5</sup>Piz, V., “Hace agua la producción de petróleo en México”, *El Financiero* (28 de enero del 2015) [En Línea] <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/hace-agua-la-produccion-de-petroleo-en-mexico.html>

<sup>6</sup> Se debe entender por fracturación hidráulica o fracking a la técnica que permite extraer el llamado gas o petróleo de esquisto, un tipo de hidrocarburo no convencional que se encuentra literalmente atrapado en capas de roca, a gran profundidad. Luego de perforar hasta alcanzar la roca de esquisto, se inyectan a alta presión grandes cantidades de agua con miles aditivos químicos y arena para fracturar la roca y liberar el líquido y gas. Cuando comienza a fluir de regreso lo hace con parte del fluido inyectado a alta presión. Fuente: Martins, Alejandra, “¿Qué es el Fracking y por qué genera tanta protestas?”, *BBC MUNDO* (29 de octubre del 2013) (En línea) [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/10/131017\\_ciencia\\_especial\\_fracking\\_abc\\_am](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/10/131017_ciencia_especial_fracking_abc_am) (Consultado el 27 enero del 2015).

inmensas cantidades de aceite fósil. Esta situación trae consigo varias consecuencias, ya que además de que la economía mexicana se encuentra en conflictos por la sobre oferta de aceite en el mercado internacional que provoca que bajen los precios del petróleo mexicano y generando recortes presupuestales que afectan de manera directa a la sociedad mexicana, además el fracking es una actividad de extracción que va en su totalidad en contra de la sustentabilidad ambiental, contaminando millones de litros de agua además de degradar el subsuelo donde es aplicado, incluso por la cantidad de químicos que son utilizados en el proceso inevitablemente causan diversas enfermedades como el cáncer entre la población que vive cercana al sitio donde lleva a cabo.

La sobreproducción y explotación del petróleo a nivel internacional aunada a que este recursos natural es limitado y que además México posee un casi nulo desarrollo e investigación en innovaciones tecnológicas de índole sustentable como es el caso de los biocombustibles, hace que la situación sea verdaderamente preocupante y que como se ha mencionado son factores que han afectado al precio del barril de crudo mexicano, muestra de ello han sido estos últimos años; por ejemplo, los precios bajos comenzaron hacerse presentes cuando “la mezcla mexicana cerró el 20 de enero de 2015 en 61.07 dólares por barril, 41.6 por ciento menor respecto a su cotización del 20 de junio del 2014, cuando estableció su máximo del año en 102.41 dólares”<sup>7</sup>, el cual fue uno de los peores desplomes que se tuviera registrado en un periodo tan corto de tiempo.

Esto llevo a que se diera un menor precio promedio de exportación de la mezcla mexicana que aunada a la menor producción de crudo explican el decaimiento de los ingresos petroleros para el gasto del sector público. Es así que en 2015 se hizo presente un nivel de ingresos petroleros todavía inferior al estimado para el cierre de este año, “el 8 de Diciembre del 2015 la mezcla mexicana llego a un precio que jamás se había esperado los 29.65 dólares por barril un nuevo mínimo desde diciembre de 2008”<sup>8</sup>. Y finalmente, datos más recientes de enero del 2016 mencionan que el barril de petróleo “se ha cotizado en \$22.00 dólares, el cual incluso es menor a su costo de producción en algunos

---

<sup>7</sup> Cruz, Noe, “El barril del petróleo acelera su desplome”, *El Universal, Sección Cartera Publicado* (viernes 05 de diciembre del 2015) [En línea] <http://archivo.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2014/impreso/el-barril-de-petroleo-acelera-su-desplome-115411.html> (Consultado el 10 de diciembre del 2015).

<sup>8</sup> Montero Mauro, Álvaro, “Se desfonda la mezcla de PEMEX a 29.65 dólares”, *El Financiero, Sección Mercados* (8 de diciembre del 2015) [En línea] <http://www.elfinanciero.com.mx/mercados/commodities/se-desfonda-la-mezcla-de-pemex-cae-a-29-65-dolares.html> (Consultado el 10 de diciembre del 2015).



campos; indicadores que no se esperaban puesto que el piso de los 30 dólares no se rompe desde el 29 de diciembre del 2008...”<sup>9</sup>

El crecimiento del PIB nacional por los bajos niveles de ingresos petroleros y los presupuestos públicos en el 2016 ya se han visto afectados de manera abrupta por la menor producción petrolera y sobre todo por el factor de *escasez* del crudo mexicano, lo que generará mayores presiones en las finanzas públicas y una gran intranquilidad por la desaparición del petróleo que va de la mano con los problemas y riesgos medio ambientales transformando biomas y ciclos naturales que cambiarían el contexto nacional.

Los conflictos que acontecen en la industria energética como el agotamiento del petróleo, su caída de precios y la contaminación y cambios ambientales que éste presenta son factores que generan incertidumbre para el país, éstos no sólo tienen que ver con situaciones internacionales como la sobreexplotación de petróleo por nuevas técnicas en países desarrollados, sino también por el escenario nacional que presenta de igual manera una sobreexplotación en esta materia prima, pero a diferencia de otros países, en México un elemento que ha sido alarmante es la falta de innovaciones tecnológicas con enfoque sustentable para el medio ambiente y la economía, como respuesta a la inconsciente extracción del aceite en campos que están siendo agotados.

## 1.2 Planteamiento del problema

A mediados de la segunda década del Siglo XXI, México encara una situación problemática: su economía ha dependido fuertemente de los ingresos que se reciben por explotación, producción y venta del petróleo crudo y éste se está *agotando*; situación crítica, puesto que se sabe que “40 centavos de cada peso que circula en la economía provienen del petróleo”<sup>10</sup>. Adicionalmente, el precio del crudo se encuentra a la baja y depende de fluctuaciones que son manejadas por los países que cuentan con las mayores reservas mundiales, así como de nuevos procesos de extracción que no son ambientalmente sustentables como el

---

<sup>9</sup> CNN Expansión, “El precio del petróleo mexicano, en un barril sin fondo”, *CNN Expansión*, (miércoles 07 de enero de 2015) [En línea] <http://www.cnnexpansion.com/economia/2015/01/06/el-petroleo-mexicano-busca-piso-tras-caida-libre> (Consultado el 27 de enero del 2015).

<sup>10</sup> Fernández, Carlos, “México S.A.”, *La Jornada, Sección Opinión* (miércoles 11 de diciembre del 2013) [En línea] <http://www.jornada.unam.mx/2013/12/11/opinion/03401eco> (Consultado el 14 de febrero 2015).

“Fracking”, lo anterior sumado al excesivo consumo de gasolinas fósiles que están contaminando como nunca antes a la atmosfera mediante las emisiones de gases de efecto invernadero contribuyendo al calentamiento global e impactando negativamente en el entorno natural.

Es así que la producción de los campos industriales más importantes del país se encuentra en descenso e incluso con las recientes exploraciones por parte de PEMEX que indican que existe alta presencia de nuevos yacimientos en aguas profundas, aún en estos pozos una vez que se comiencen a explotar también tendrán una fecha de consumación. Es por ello que si no se toman medidas al respecto, considerando el desarrollo de innovaciones tecnológicas que sean sustentables, propuesta de esta investigación en biocombustibles, la situación de la economía, futuras generaciones, medio ambiente y del bienestar social se verá seriamente comprometida en las décadas por venir. El agotamiento del petróleo, es un problema que tarde o temprano generará la necesidad de encontrar alternativas sustentables para la producción de combustibles ya que la gasolina es el producto que actualmente requiere de mayores cantidades de petróleo; en conclusión, hoy por hoy existe una gran dependencia por el petróleo, lamentablemente esta materia prima presenta un problema que va aunada a la sobrepoblación y al aumento de consumo de productos como la gasolina, además entre sus características es finito, rasgo que llevará a esta materia prima a que en un debido tiempo en el planeta se extermine con él, sino se protege desde ahora.

### **1.3. Justificación**

Se desarrolla la investigación porque se considera que la extracción indiscriminada de petróleo ha repercutido en gran medida con un impacto ambiental y cambio climático, situación que en México ya es un hecho y va en incremento; sin embargo, la identificación y el uso de la tecnología adecuada puede ayudar buscando sustentabilidad en la industria de energéticos, tratando de sustituir el consumo de petróleo puesto que sus yacimientos en el país van en constante decaimiento durante los últimos años, y particularmente durante los últimos meses se ha experimentado una baja en la producción petrolera así como una disminución en los precios del petróleo lo que es una realidad alarmante.

La respuesta que algunos países desarrollados están dando para disminuir el abatimiento de la producción de sus mantos petroleros, está en invertir fuertemente en Investigación y Desarrollo en biotecnología industrial en el área de

biocombustibles. Esto conlleva a enfrentar la situación, a través de herramientas administrativas como la planeación, el monitoreo y la evaluación de proyectos para generar una propuesta de innovación tecnológica y desarrollo industrial. Es por ello que en este trabajo se propone mediante una vigilancia tecnológica explorar las innovaciones y experiencias que hasta el momento han sido desarrolladas en biocombustibles aplicándose a nivel internacional para proponer una implementación de algún proceso que sea viable en el caso de México puesto que hoy en día es necesario que esto se considere como prioridad para el futuro desarrollo económico nacional y sobre todo para la conservación del petróleo, la disminución del consumo de gasolinas fósiles y la minoración de la emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Aunque en México algunas universidades e instituciones públicas y privadas realizan investigación y desarrollo en esta área del conocimiento se encuentran rezagadas en comparación con sus similares a nivel internacional. Ésta es una oportunidad para que el gobierno mexicano a través de sus instituciones como PEMEX, la Secretaría de Energía, la Secretaría de Economía, o en conjunto, tengan una administración y planeación estratégica orientada a desarrollar una propuesta de biocombustible.

#### **1.4 Objetivo General**

Realizar un monitoreo tecnológico para identificar y proponer una opción de habilitación y producción de un biocombustible para México como alternativa sustentable a los combustibles hechos con petróleo, comparando y evaluando la factibilidad de su desarrollo desde sus características económicas, técnicas y ambientales.

#### **Objetivos secundarios**

-Realizar un estudio sobre los datos e indicadores de producción y explotación de petróleo mencionando los responsables de tales actos para comprender la situación del agotamiento del petróleo en el país y dar fundamentos que demuestren que es finito y se encuentra en constante declive y que la sociedad, economía e industria dependen fuertemente de él.

-Señalar una teoría y herramientas administrativas con las que se pueda respaldar la propuesta de innovación tecnológica en biocombustibles en el país.

## 1.5. Supuestos

S<sub>1</sub>: Para que México se vuelva participante competitivo de la economía mundial y de la última plataforma tecnológica debe generar investigación y desarrollo en innovaciones tecnológicas en el sector energético, los biocombustibles le darán ese desarrollo económico, tecnológico y sustentable necesario en el país por lo que requiere enfocar sus planes de desarrollo de ciencia, tecnología e innovación en acciones específicas dirigidas al desarrollo de individuos, organizaciones y sectores industriales, encaminados en usos y aplicaciones de biocombustibles para enfrentar los problemas del agotamiento del aceite crudo así se cuidará al medio ambiente, al petróleo y se generará crecimiento económico.

## 1.6 Preguntas de investigación

- Pregunta Principal: ¿Cuáles serían los requerimientos económicos, técnicos y ambientales involucrados en la elección de un biocombustible para que sea una innovación tecnológica de características sustentables buscando enfrentar la disminución constante del petróleo que se da en su gran mayoría por la producción de gasolinas fósiles, sin contaminar ni afectar más al medio ambiente?
- ¿En el siglo XXI, cómo se encuentra la producción y extracción petrolera del país y cómo afectan los bajos precios del barril petrolero a la economía nacional?
- ¿Cómo se encuentra la industria Mexicana en relación con el desarrollo de biocombustibles a nivel mundial?
- ¿Cuáles son las innovaciones en biocombustibles que se están desarrollando y aplicando a nivel internacional?
- ¿Qué herramientas administrativas son de apoyo para el análisis y propuesta de una opción viable en innovaciones tecnológicas?
- ¿Se han aplicado Biocombustibles en México? ¿Cuáles?

## 1.7 Hipótesis

H<sub>1</sub>: Existen oportunidades de investigación y desarrollo tecnológico en biocombustibles, que si se desarrollan oportunamente, podrían ser una alternativa energética sustentable para el petróleo y ayudarían a enfrentar a

largo plazo la pérdida de ingresos del país por el declive de la producción de los pozos petroleros contribuyendo con el suministro de combustibles para el consumo interno.

H<sub>2</sub>: Si en la industria energética se usan herramientas administrativas como el monitoreo tecnológico, la comparación y evaluación de ventajas y desventajas de innovaciones tecnológicas como los biocombustibles en consecuencia se estaría desarrollando una inteligencia tecnológica competitiva que coadyuvará a enfrentar la crisis petrolera mediante una alternativa sustentable, abriendo oportunidades de crecimiento económico, nuevos negocios, empleo y protegiendo al medio ambiente.

## **1.8 Alcances de la investigación**

- Obtener indicadores estadísticos para mostrar que la economía Mexicana ha dependido desde el siglo pasado hasta principios del presente fuertemente de la producción y venta del petróleo.
- Identificar cuáles son las tecnologías para la producción de biocombustibles que se han implementado a nivel internacional para compensar el agotamiento de los campos y los pozos petroleros.
- Analizar, comparar y evaluar las tecnologías y experiencias que se han desarrollado a nivel internacional resultantes del monitoreo tecnológico para ver cuál sería la biomasa, los procesos de los que han tenido mayor éxito económico y ambiental en el mundo.
- Llevar a cabo un monitoreo tecnológico sobre biocombustibles utilizando recursos como el programa Matheo Analyzer libros, artículos, noticias de periódicos, revistas, investigaciones e internet, así como una evaluación y comparación basada en ventajas y desventajas económicas, técnicas y ambientales que presenten las opciones, finalmente, una búsqueda de patentes para conocer la protección que se les ha brindado y poder generar inteligencia tecnológica competitiva para ofrecer una mejor propuesta.
- Analizar si la disponibilidad de materias primas tales como el CO<sub>2</sub>, los desperdicios de alimentos orgánicos o la caña de azúcar, entre otros, sería suficiente para el abasto de producción sustentable de biocombustibles sin afectar a otros sectores económicos o industriales en el país y siendo ambientalmente amigables.
- Finalmente, proponer aquella alternativa de innovación tecnológica en biocombustibles que presente mayores ventajas y oportunidades económicas, ambientales y técnicas para implementarse en México.

# Capítulo 2

## Marco de Referencia

*“La palabra petróleo viene del latín *petra* (piedra) y *óleo* (aceite).”<sup>11</sup>*

**E**n el presente capítulo se establece un marco de referencia sobre la explotación petrolera en México desde un enfoque histórico, económico y ambiental, actividad que ha sido la causante del problema de agotamiento del petróleo; asimismo se mencionan algunos conceptos relacionados con esta materia prima y se señalan brevemente los principales productos derivados con la finalidad de resaltar la importancia que ha tenido en la economía e industria del país y el mundo.

También se hace mención de las organizaciones que en México están encargadas de la explotación del petróleo y que han sido responsables de su descuido sin la planeación de acciones sustentables. Mediante gráficas e indicadores estadísticos se demuestra que desde principios del siglo XXI la producción de petróleo en muchos pozos está disminuyendo, factor que afecta a la economía nacional.

Para concluir con el capítulo, se señalan algunos países donde se ha considerado a la biotecnología como un área sustentable para la producción de carburantes alternativos a los hidrocarburos fósiles, guiando a la investigación al tema de los *biocombustibles*.

### 2.1 El negocio del petróleo y sus productos derivados

Durante millones de años, los combustibles fósiles fueron creándose bajo la superficie de la tierra por un proceso de fosilización de plantas y organismos animales que, en conjunto con los gases y la aplicación de temperaturas extremas en los componentes físicos encontrados en los mantos y en la corteza terrestre, dieron paso a la formación de un hidrocarburo comúnmente llamado

---

<sup>11</sup>WordPress.com; “Refined Fuel” 10 de Abril del 2013) [En Línea] <https://refinedfuel.wordpress.com/2013/04/10/petroleum-in-latin-petra-means-rock-and-oleum-means-oil-but-the-banquet-cannot-last-for-long/> (Consultado el 1 de noviembre del 2015).

*petróleo*; éste se encuentra en la naturaleza en los tres estados de la materia: “el sólido (bitumen natural), el líquido (crudo) y el gaseoso (gas natural)”<sup>12</sup>.

Al respecto, Zorrilla y Méndez señalan que: “El petróleo es un recurso natural no renovable. Importante fuente de energía para la industria, combustible para el sistema de transportación, fuente de calefacción y recurso básico en la industria petro-química”<sup>13</sup>.

Otra definición, la proporciona el sistema de información de combustibles líquidos indicando que: “el petróleo es de origen natural, de color oscuro y olor fuerte, más ligero que el agua, que se formó por la descomposición de organismos marinos así como de otros animales y vegetales. Está compuesto por diferentes sustancias y se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre, éste se usa como combustible”<sup>14</sup>. Estas definiciones indican algunas de las características que esta materia prima posee y es importante señalar que al ser *no renovable*, la sobreexplotación de él ha sido causante del incremento de la escasez sobre todo por la alta demanda en la industria del transporte, lo que lleva a concluir que es inevitable que algún día desaparezca.

Los criterios de clasificación del petróleo son mencionados por la empresa Petróleos Mexicanos en su anuario estadístico, en el cual señala que el petróleo crudo se considera pesado o ligero según los siguientes criterios:

- “Pesado. Petróleo crudo con densidad API igual o inferior a 27°.
- Ligero. Petróleo crudo con densidad API superior a 27° y hasta 38°.
- Súper ligero. Petróleo crudo con densidad API superior a 38°.

Respecto a lo anterior, entiéndase que los estándares de clasificación API son:

“Ligero - API > 31.1  
Medio - API entre 22,3 y 31,1  
Pesado - API < 22.3  
Muy pesado - API < 10.0”<sup>15</sup>.

---

<sup>12</sup> INEGI, “El Petróleo”, INEGI, Sección Economía [En línea] <https://refinedfuel.wordpress.com/2013/04/10/petroleum-in-latin-petra-means-rock-and-oleum-means-oil-but-the-banquet-cannot-last-for-long/> (Consultado el 1 de noviembre del 2015).

<sup>13</sup> Zorrilla Arena, Santiago; Silvestre Méndez, José, *Diccionario de Economía* (México: Limusa, 2010).

<sup>14</sup> Sistema de Información de Combustibles Líquidos, “El petróleo” (21 de noviembre del 2011) [En línea] <http://www.sicom.gov.co/index.shtml> (Consultado el 22 de junio del 2016).

<sup>15</sup> Petroleum.co.uk, “API Gravity” (2015) [En línea] <http://www.petroleum.co.uk/api> (Consultado el 1 de noviembre del 2015).

La medida API indica la densidad del petróleo consolidada por el American Petroleum Institute<sup>16</sup>, en ella se muestra cuánto pesa el aceite crudo en relación al agua; “Si el producto de petróleo es más liviano que el agua y flota sobre el agua, su grado API es mayor de 10. Los productos de petróleo que tienen un grado API menor que 10 son más pesados que el agua y se asientan en el fondo”<sup>17</sup>. La API se representa en grados y se utiliza para la clasificación del tipo de petróleo a partir de la calidad y pureza en él, influyendo en los gastos de la refinación y en la venta. Generalmente cuanto mayor es la densidad API, el crudo es más valioso puesto que es más ligero y no se necesitan tantos procesos de limpieza para su refinación o transformación.

La compañía de petróleos de Reino Unido en su página oficial (Petroleum.co.uk/benchmarks) menciona que hay aproximadamente 161 tipos de “petróleo de referencia” que ayudan a determinar el precio de un barril de crudo por contrato, entre los más comerciales se encuentran:

- “Arabian Light
- Brent
- Dubai
- West Texas Intermediate (WTI)

En el caso de México el mercado nacional y de exportación está constituido por tres variedades de petróleo crudo extraídos de tierras o aguas mexicanas y ellos son:

- Maya. Petróleo crudo pesado con densidad de 22° API y 3.3% de azufre en peso.
- Istmo. Petróleo crudo ligero con densidad 33.6° API y 1.3% de azufre en peso.
- Olmeca. Petróleo crudo muy ligero con densidad de 39.3° API y 0.8% de azufre en peso.”<sup>18</sup>

De acuerdo con indicadores de PEMEX menos del 12% de la producción total es de crudo Olmeca súper ligero lo que representa un mayor gasto en los procesos de refinación y limpieza.

---

<sup>16</sup> Es la más grande asociación de comercio y negocios de Estados Unidos para la industria de gas natural y petróleo y representa a más de 400 corporaciones de la industria petrolera.

<sup>17</sup> Widman International SRL, “Grados API y El Peso Específico” (2015) [En línea] [http://widman.biz/Seleccion/grados\\_api.html](http://widman.biz/Seleccion/grados_api.html) (Consultado el 1 de noviembre del 2015).

<sup>18</sup> Dirección corporativa de Finanzas, “Anuario estadístico 2013. Glosario y Nomenclatura: Petróleo Crudo” (2013): 68.



Es esencial mencionar a la empresa productiva del Estado<sup>19</sup>, Petróleos Mexicanos “una de las principales petroleras de Latinoamérica y se encuentra entre las nueve organizaciones más importantes a nivel mundial con mayor cobertura de ventas de productos petrolíferos”<sup>20</sup>. Esta empresa genera principalmente dos productos derivados de la explotación, en primer lugar está el petróleo crudo que se exporta en barriles, y en segundo lugar productos derivados tales como combustibles, asfaltos, lubricantes, grasas, coque, parafinas<sup>21</sup>, que en sí componen a la industria petroquímica. PEMEX señala que los productos derivados del petróleo se dividen en tres:

Los gases combustibles, una de las principales fuentes de energía para uso doméstico, se utilizan como combustible para producir energía térmica mediante un proceso de combustión.

Las gasolinas, que son utilizadas como principal combustible para el transporte, utilizados en motores de combustión interna y en las cuales existen diferentes especificaciones con relación al contenido de azufre y octanaje; éstas se obtienen de la destilación fraccionada del petróleo.

Y finalmente, los productos para uso industrial que PEMEX comercializa entre sus principales consumidores, que son empresas de transformación, las cuales a su vez participan en todos los sectores de la economía<sup>22</sup>.

Con las características señaladas del crudo, así como los productos derivados que resultan de él, es posible decir que la vida, la industria y la sociedad sin el petróleo no tendrían un desarrollo semejante al que se conoce hoy en día; esta materia prima es primordial para el progreso tecnológico, económico y social, ya que es uno de los principales elementos que moviliza a gran parte de la industria global; por ejemplo, los combustibles como la gasolina natural, diésel, gas y propano, son con los que operan las industrias, lo mismo pasa con los

---

<sup>19</sup> A partir de la aprobación de las nuevas leyes de Petróleos Mexicanos en Julio del 2014, PEMEX deja de ser una empresa “paraestatal” y se convierte en una “empresa productiva del Estado”. Son empresas de propiedad exclusiva del Gobierno Federal, dotadas de un marco jurídico propio, acorde con sus fines de carácter productivo, promoviendo su manejo ágil, eficiente y transparente. [En línea] [http://www.pued.unam.mx/archivos/seminario110515/SE\\_M1M1\\_MAP.pdf](http://www.pued.unam.mx/archivos/seminario110515/SE_M1M1_MAP.pdf) (Consultado el 25 de noviembre del 2016).

<sup>20</sup> Priego Hernández, Óscar, “Petróleo y riqueza: una reflexión para el debate de la reforma energética”, *Pensamiento & Gestión*, (2008).

<sup>21</sup> Explorando México, “El petróleo mexicano” (2015) [En línea] <http://www.explorandomexico.com.mx/about-mexico/4/38/> (Consultado el 3 de noviembre del 2015).

<sup>22</sup> PEMEX, “Petróleos Mexicanos en sección de Productos”, (8 de agosto del 2014) [En línea] <http://www.pemex.com/comercializacion/productos/Paginas/default.aspx> (Consultado el 3 de noviembre del 2015).

plásticos, polietilenos, polímeros que son indispensables para cualquier área industrial y comercial. Por tal razón, el petróleo es uno de los bienes más necesarios para la dinámica económica mundial; con él se obtienen una gran cantidad de bienes de consumo para la industria del transporte, por lo que es uno de los recursos naturales más explotados a nivel global.

Para dar una idea acerca de la explotación del petróleo el Instituto *Worldwatch* señala que el consumo mundial de combustible desde principios de la década pasada tuvo un aumento extraordinario, "...en estos últimos años no se había observado un aumento del 3.4% en la explotación del crudo, situación que en 2004 sí ocurrió, esto representa 82.4 millones de barriles de petróleo por día. China y EUA. fueron los países que aumentaron la explotación de los mercados de combustibles fósiles en ese año, convirtiendo al petróleo en unos de los más importantes y primordiales factores de desarrollo económico y social en el mundo"<sup>23</sup>.

Además, este Instituto cuestiona el tiempo efectivo de uso que se le puede dar a los combustibles fósiles, señalando que: "Un número cada vez mayor de los geólogos se preguntan si las reservas de petróleo son suficientes para mantenerse al día con la creciente demanda mundial y muchos expertos proyectan que la producción anual no alcanzará para el consumo a mitad de la próxima década"<sup>24</sup>.

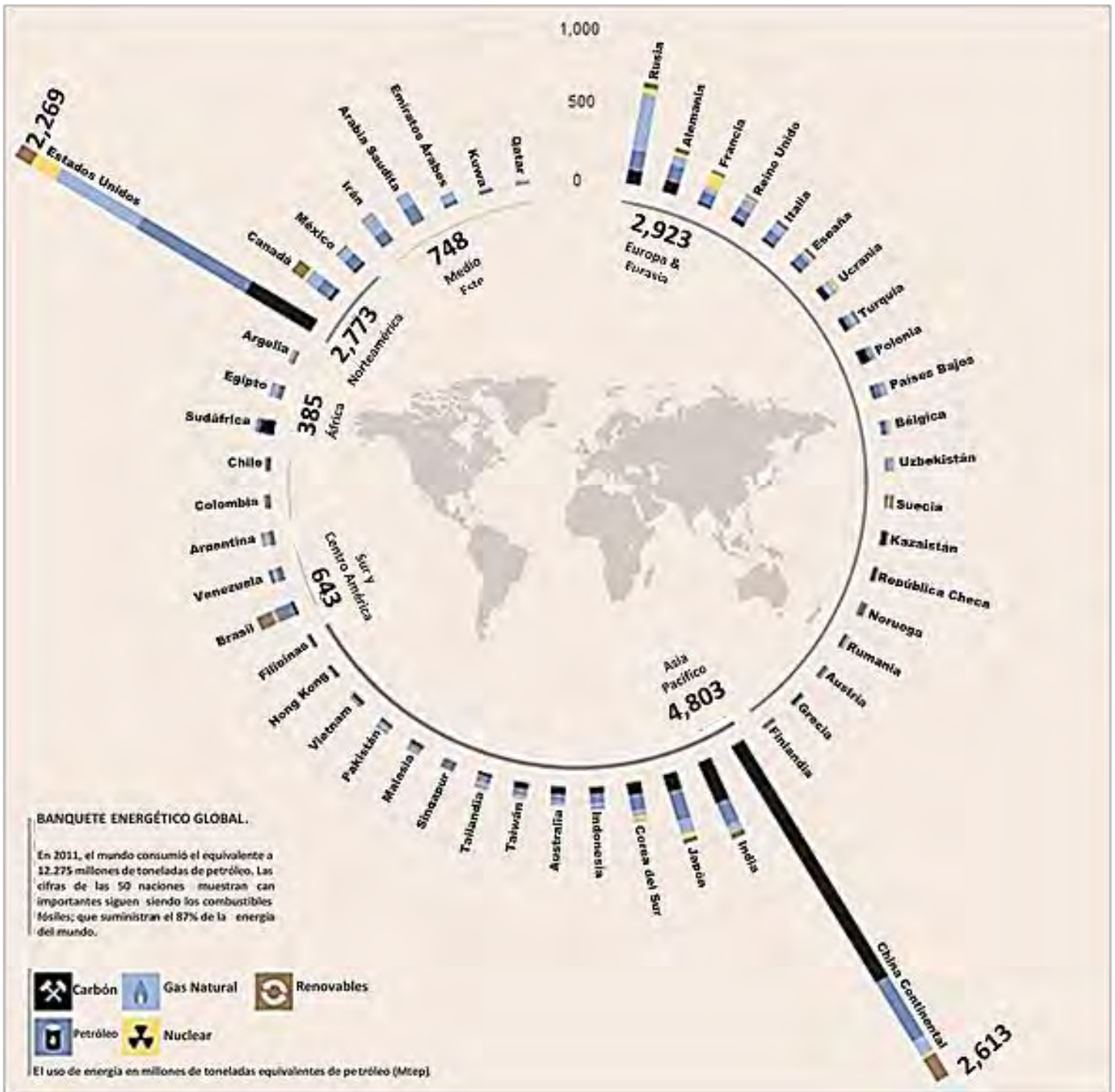
Si los pronósticos que se han hecho respecto al consumo del petróleo son acertados, tarde o temprano se estaría llegando al consumo total de este recurso, ya que el crecimiento poblacional exponencial va a provocar una demanda excesiva que sobrepase los límites que tiene este recurso no renovable en la Tierra. En México, y en el mundo, el petróleo es un negocio valioso ya que cerca del 87% de la energía básica que se consume en hogares e industrias proviene de él; ver Imagen 1 en la que se muestra la energía consumida globalmente en el año 2011. Se puede apreciar que gran parte de las naciones ya han explotado alrededor de 12, 275 millones de toneladas, cantidad que al seguir aumentando, sin duda terminará en unos cuantos años con todas las reservas petroleras mundiales, si es que no se toman las acciones necesarias como desarrollar innovaciones o alternativas energéticas sustentables para el hidrocarburo.

---

<sup>23</sup> WorldWatchInstitute, "Global Fossil Fuel Consumption Surges" (noviembre del 2015) [En Línea] <http://www.worldwatch.org/global-fossil-fuel-consumption-surges> (Consultado el 3 de noviembre del 2015).

<sup>24</sup> *Ibíd.*

Imagen 1. Banquete Global en consumo de combustible proveniente del petróleo



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2012, "Global Energy Banquet" [En línea] <http://www.nature.com/news/the-global-energy-challenge-awash-with-carbon-1.11909#auth-2> (Consultado 11 octubre 2015) (Se hizo traducción al español).

## 2.2 Instituciones responsables del petróleo mexicano

Hasta el momento se ha hablado de manera muy breve de PEMEX, no obstante es importante detallar la participación de esta empresa así como hablar brevemente de su historia para comprender la importancia y relación que ha tenido a nivel nacional respecto a la industria petrolera. El nacimiento de esta empresa marca una pauta en la historia nacional mexicana, es así que “el 7 de junio de 1938 se constituye formalmente Petróleos Mexicanos mediante un decreto presidencial, nace como única empresa petrolera del país y se le dota de las facultades necesarias para realizar todos los trabajos de exploración, explotación, refinación y comercialización del petróleo mexicano. Desde entonces tuvo la misión de administrar este recurso, cuyos ingresos indudablemente han sido soporte de la economía nacional”<sup>25</sup>.

Algunas veces de modo accidental y otras veces después de un largo trabajo de los sistemas de exploración, PEMEX ha descubierto grandes yacimientos de suma importancia nacional e internacional; algunos ejemplos de pozos con grandes reservas petroleras son los siguientes, “en 1951 en el sureste del país se encontró un nuevo yacimiento de petróleo llamado José Colomo, en el distrito de Macuspana, Tabasco. Otro descubrimiento muy interesante se dio en 1971 en la Sonda de Campeche, pozo que fue llamado Cantarell; y en 1979, se encontró el pozo Ku-Maalob-Zaap el cual para el año 2007 contaba con una capacidad de producción de 2 millones 200 mil barriles de crudo.”<sup>26</sup> Esta cantidad se lee bastante prometedora, sin embargo, hay que recordar que tanto la población como la industria automotriz demandan cada vez más mayores cantidades de petróleo por lo que no es tan promisorio este monto en las reservas del crudo.

Por otra parte, se ha dado una regulación y la revisión constante de la legislación que gira en torno al petróleo, así como de la creación de instituciones u organismos de apoyo; por ejemplo la especialización y modernización de organismos encargados del petróleo se da años más tarde, “el 1 de enero de 1992 se expidió la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos, cuyo objetivo principal fue el de organizar a la empresa de modo efectivo para la explotación y administración de este recurso y en el marco de esta Ley se crearon PEMEX Exploración y Producción, Pemex Refinación, PEMEX gas y Petroquímica Básica y PEMEX

---

<sup>25</sup> PEMEX, “Historia. Petróleos Mexicanos” [En línea] <http://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/default.aspx> (Consultado 11 octubre del 2015).

<sup>26</sup> *Ibid.* 11 octubre 2015

petroquímica”<sup>27</sup>. Órganos creados para brindar ayuda por la creciente demanda que se tenía en el mercado y también por obtener una mejor especialización y división de funciones y actividades dentro de la empresa.

Es así que a lo largo de los años la actividad petrolera se ha cimentado en las divisiones de este organismo y sus líneas de acción estratégicas han sido dos. La primera de ellas es la responsabilidad social, pues la producción implica la necesidad de una gran vigilancia para el control ambiental, mismo a la que el organismo está obligado a responder en caso de desastre. Asimismo, dedica fondos para evitar efectos e impactos ambientales y humanos, sin embargo éstos no son suficientes. La segunda, es referente al uso de la tecnología de vanguardia dentro de sus instalaciones tales como: “alquilación, desintegración, destilación, fraccionamiento, hidrodesulfuración, isomerización y reformación”<sup>28</sup> no obstante, aún con sus productos derivados fósiles, últimamente hace falta inversión en investigación y desarrollo en tecnologías sustentables en los procesos de producción y de refinación para que el país esté en posibilidades de generar competencia así como evitar la dependencia con otros países por la necesidad de sus métodos de transformación y brindando una clara oportunidad de crecimiento en el negocio de los combustibles.

Hasta años muy recientes, Petróleos Mexicanos ha sido en términos de ingresos una de las empresas más importantes en México por las entradas que aporta a la Federación, por la infraestructura que posee y la logística a lo largo del territorio nacional; Por ejemplo, el anuario estadístico 2013 de PEMEX señala que en ese año contaba con 232 plataformas marinas equipadas con brocas para perforar el subsuelo hasta llegar al yacimiento; esto representa unas instalaciones que están enfocadas en la explotación de los pozos pero sin ningún tipo de enfoque sustentable para esta materia prima.

Por otra parte, en este mismo anuario se señala la clasificación de los pozos o yacimientos que ha perforado, sirviendo como indicador de la gran estructura y actividad que forja:

Según su objetivo o función, los pozos se clasifican en exploratorios (incluyen pozos de sondeo estratigráficos) y de desarrollo (incluyen pozos de inyección).

---

<sup>27</sup> PEMEX, “Organismos subsidiarios y filiales” [En línea] <http://www.pemex.com/organismos/Paginas/default.aspx> (Consultado el 11 octubre del 2015).

<sup>28</sup> Dirección corporativa de Finanzas, “Anuario estadístico 2013; Glosario y Nomenclatura: Procesos de PEMEX-Refinación” (2013): 68.

Según su grado de terminación, los pozos se clasifican como perforados o terminados.

**Perforados.** Pozos cuya perforación con la barrena ha sido concluida y cuenta con tubería de ademe o revestimiento ya cementada, pero que todavía no han sido sometidos a las operaciones subsecuentes que permitan la producción de hidrocarburos.

**Terminados.** Pozos perforados en los que ya se han efectuado las operaciones de terminación, tales como: instalación de tubería de producción; disparos a la tubería de revestimiento para horadarla y permitir la comunicación entre el interior del pozo y la roca almacenadora; y limpieza y estimulación de la propia roca para propiciar el flujo de hidrocarburos.

**Exploratorios exitosos.** Indicador que muestra la relación de pozos exploratorios productores que incorporan reservas entre el total de pozos terminados. A partir de 2007, Pemex-Exploración y Producción adopta la definición de Éxito Exploratorio Comercial derivado de prácticas internacionales que evalúan el desempeño de la actividad exploratoria desde el punto de vista económico y de comercio y negocios.<sup>29</sup>

Hasta enero de 2010 estos yacimientos petroleros eran solamente explotados por PEMEX, no obstante, “el gobierno lanzó los llamados “contratos integrales” que básicamente consistían en la creación de alianzas con empresas privadas para la explotación de campos maduros como Chicontepec y aguas profundas del Golfo de México en 2011”<sup>30</sup> es aquí donde se comienza a abrir la industria energética a la inversión privada.

La situación se agudizó a tal grado que posteriormente se hicieron proyecciones respecto a una *reforma energética* que permitiera la entrada a posibles “nuevos participantes privados”, años posteriores con el sexenio presidencial de Enrique Peña Nieto, el “temido escenario” se vuelve realidad anunciándose que ahora la explotación del petróleo podía darse mediante iniciativa pública y privada, disfrazando la participación de esta última con argumentos como una supuesta mejoría de la economía y aumento en empleos e inversión, no obstante, el agotamiento del petróleo evidentemente se aproxima y será histórico para los campos productivos más importantes del país, situación que se intensificará con la entrada de varias empresas transnacionales en el

---

<sup>29</sup> Dirección corporativa de Finanzas, “Anuario estadístico 2013. *Glosario y nomenclatura: Pozos*” (2013): 68.

<sup>30</sup> García, Karol, “Pemex invertirá \$21,000 millones en Chicontepec en el 2011”, *El Economista* (14 de abril del 2011) [En línea] <http://eleconomista.com.mx/corporativos/2011/04/14/pemex-invertira-21000-millones-chicontepec-2011> (Consultado el 14 octubre del 2015).



negocio petrolero, hecho trascendental que dejará marca en la historia del país y aún más preocupante con el ocaso de pozos como el de Cantarell o el de Ku-Maalob-Zaap.

Hasta ahora se ha nombrado a la institución que tiene mayor fuerza en el negocio petrolero mexicano, sin embargo hay otro organismo que aún hace falta mencionar por su importante participación en la investigación y desarrollo en torno a esta industria, y es el “Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) fundado el 23 de agosto 1965 fue consecuencia de la transformación industrial del país y de la necesidad de incrementar la tecnología relacionada con el desarrollo de la industria petrolera, petroquímica básica, petroquímica derivada y química con el objetivo principal de llevar a cabo investigación y desarrollo tecnológico, así como proporcionar servicios tecnológicos especializados a PEMEX en el área de hidrocarburos y sus derivados, asimismo posee las facultades de otorgar grados académicos, así como poder comercializar los resultados de la investigación y desarrollo tecnológico, la suscripción de alianzas estratégicas-tecnológicas entre otras actividades”<sup>31</sup>; esta institución nace en la gran época del desarrollo nacional, cuando el país se encontraba inmerso en el modelo económico de industrialización por sustitución de importaciones (ISI) enfocado en el *apoyo a la industria nacional*, y gracias a él nacieron varias organizaciones para alentar el desarrollo del país.

Por lo tanto “es un instituto público de investigación, cuya orientación estratégica es realizar desarrollo tecnológico de gran nivel, ofrecer servicios de alto contenido tecnológico, así como capacitar y formar recursos humanos que impulsen el desarrollo de tecnología propia”<sup>32</sup>. Sin embargo, la realidad es otra, ya que la industria petrolera no ha demostrado tener por sí misma penetrante desarrollo en los procesos de extracción de combustibles fósiles y mucho menos innovaciones tecnológicas sustentables con el objetivo de inclusive abarcar nuevos negocios y consumidores.

A continuación se mencionan algunos datos relevantes del Instituto:

El IMP está organizado en cuatro sedes regionales. En 2007 contaba con 738 investigadores (además de los técnicos y empleados) enfocados a la investigación en nueve áreas tecnológicas relacionadas con: producción y recuperación de petróleo; corrosión de tuberías y materiales; exploración de yacimientos petroleros (incluye exploración en aguas profundas); ingeniería petrolera; aplicación de matemáticas; computación; y procesos de reacción. Esta es la institución que más

---

<sup>31</sup> SENER; “Acerca del IMP” (miércoles 10 de diciembre del 2014) [En línea] <http://www.imp.mx/acerca/> (Consultado el 29 de diciembre del 2015).

<sup>32</sup> Instituto Mexicano del Petróleo. “Historia del IMP” (2013) [En línea] <http://www.imp.mx/acerca/?imp=historia> (Consultado el 11 octubre del 2015).

patenta del país, con cerca de 610 patentes nacionales, 60 patentes internacionales, 90 marcas registradas y 1,327 registros de derechos de propiedad industrial. Si medimos la innovación por el número de patentes aplicadas, el IMP es la institución mexicana más innovadora. Para 2007 contaba con 195 investigadores en el SNI nivel V.<sup>33</sup>

De acuerdo con la cita anterior, el IMP ha sabido efectuar su misión de transformar el conocimiento en tecnología y servicios de valor para la industria petrolera; teniendo como visión el ser un centro público de investigación de clase mundial con personal reconocido; si contarán con el financiamiento correcto, la planeación de tecnologías y los permisos necesarios, podrían contribuir a un desarrollo y modernización de la industria petrolera sin precedentes. El retraso competitivo que se tiene en esta industria no es atribuible a la falta de capital humano, al contrario, se generan valiosas ideas que indudablemente serían benéficas si se lograrán desarrollar, pero la falta de inversiones económicas así como los procesos burocráticos, trámites y los permisos gubernamentales ponen barreras para el desarrollo de la industria.

Por lo tanto, una de las acciones que deberían asumir instituciones de investigación y desarrollo como el IMP y PEMEX aún siendo el petróleo su negocio, sería la de buscar un creciente apoyo económico y financiero para propiciar el desarrollo de innovaciones tecnológicas verdes tales como la biotecnología con el fin de buscar sustentabilidad y cuidado en la producción y aprovechamiento de esta materia prima no renovable.

### **2.3. Comienzo de la explotación petrolera en México**

Desde la década de los años ochenta del siglo pasado existió la gran preocupación de caer en una “economía petrolizada” que no permitiera el desarrollo e inversión en otras industrias nacionales, cuando se encontraron nuevos pozos petroleros se pensó que la deuda que tenía el país en aquel período desaparecería; sin embargo, la realidad fue otra puesto que la deuda se triplicó ya que los riesgos eran altos de que el equilibrio externo y las finanzas públicas estuvieran dependiendo, en su gran mayoría, de los ingresos por hidrocarburos y al no desarrollar e invertir en el crecimiento de otras industrias tecnológicas, el riesgo de pérdida o ganancia en México quedaba propenso a los cambios en la

---

<sup>33</sup> Dutrénit, Gabriela; Capdevielle, Mario; et al., “El sistema nacional de innovación mexicano: instituciones, políticas, desempeño y desafíos” Primera edición, Universidad Autónoma Metropolitana (México: UAM, 2010): 75.



industria energética; el país en aquella época apostó por la apertura comercial, la inversión extranjera y la explotación petrolera pensando que subsanarían las deudas y dejó de apoyar en gran parte al crecimiento de la industria nacional; hoy es lamentable saber que no se tenía razón puesto que la economía nacional continuó decayendo y el ocaso del petróleo llegó mucho tiempo antes de lo planeado.

Para entender el fenómeno de agotamiento actual que sufre el país es necesario mirar hacia atrás y comprender la historia y experiencias de la desmedida explotación del petróleo; por esta razón el tema se ubica tiempo antes al siglo pasado; al respecto el ingeniero Cuauhtémoc Cárdenas menciona que “el chapopote en México se utilizaba desde las épocas indígenas como sustituto del copal en ceremonias religiosas, como sustancia adormecedora mezclada con tabaco, como detergente dental al masticarse, como medicina para las reumas, como pegamento y para calafatear las embarcaciones. Al iniciarse los tiempos coloniales se usó también para iluminación”<sup>34</sup>. Realmente el petróleo en la historia del país siempre ha tenido una gran variedad de funciones que han sido implementadas para el beneficio de la sociedad, sin embargo, no fue hasta las primeras décadas del siglo pasado cuando esta materia prima comenzó a alentar un gran desarrollo económico, político y social, lo que la convertía en una materia prima estratégica que en el caso del gobierno mexicano al vislumbrar un beneficio y crecimiento en esta industria la protegió de tal manera que el petróleo se volvió únicamente propiedad de la nación.

Fue en la presidencia de Lázaro Cárdenas, cuando se dio un auténtico cambio en el sector energético que se instauró en el país. Fue él quien entre otras cosas, tuvo la habilidad no sólo de desplazar a Calles, sino de cimentar un régimen político y social diferente a lo que habían sido los más de 30 años de Porfiriato que se tenía desde principios del siglo XX; es decir, fue Cárdenas quien dio inicio a un nuevo paradigma social que limitaba el poder y que en consecuencia definió un nuevo conjunto de acciones para guiar la acción política y económica del país. “En la esfera político-social, Cárdenas tomó los esbozos sindicalistas y construyó con ellos el pilar obrero del Estado, lo hizo mediante movilizaciones no vistas antes ni después: en 1935, prácticamente uno de cada dos obreros se encontraba en huelga en algún momento del año. Cárdenas las utilizó para desplazar a Calles y para subordinar el movimiento laboral al Estado”<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> Cárdenas, Cuauhtémoc, “El petróleo en México”, *Memoria Plática sobre la expropiación en el club de industriales* (México, 2008): 13.

<sup>35</sup> Schettino, Macario, “El mito de la energía en México”, *Nueva Sociedad*, No. 220 (Marzo-Abril de 2009): 140.

En su periodo presidencial logró organizar a obreros y campesinos, subordinó a otros poderes y órdenes de gobierno pero principalmente lo que sobresalió de su función presidencial fue la nacionalización de la industria petrolera, convirtiéndola en el gran triunfo de México de aquella época ante los dominios extranjeros, es por ello que dentro de la historia nacional, incluso aún hoy en día es conmemorado el día de la expropiación petrolera. “En ese contexto, la nacionalización no fue un asunto técnico o económico, sino una decisión política de la más alta importancia. Y no sólo para México, puesto que fue Cárdenas quien fijó un camino que con el tiempo seguirían otros países, es decir, *la riqueza del subsuelo debe ser de la nación.*”<sup>36</sup>.

Es ciertamente este carácter de la historia del petróleo en México lo que lo convierte en un tema controversial a las inversiones privadas que se están propiciando hoy en día, dando paso a una discusión respecto a la privatización ya que este fue el hecho que transformó y consolidó el régimen de la Revolución, así como también considerado el más grande acto de soberanía nacional. La nacionalización de la industria petrolera no se recuerda por ser una medida política, económica o pública, sino por ser un hecho que liberó al país en todos los aspectos culturales y sociales. “En 1938, cuando se ordenó la nacionalización, la producción apenas alcanzaba para el consumo interno y siguió siendo así por los siguientes 35 años”<sup>37</sup>, hasta que recuperó una posición de privilegio hacia fines de la década de los setenta.

En aquel momento, “México producía unos 38 482 miles de barriles anuales de petróleo”<sup>38</sup>, fue un volumen bajo que se mantuvo desde inicios de los años treinta hasta prácticamente el final de la Segunda Guerra Mundial. Después, comenzó a aumentar la demanda interna y se logró incrementar la producción, sin embargo, México prácticamente no empezó a exportar petróleo hasta mediados de la década de 1970. De hecho, “cuando la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y en específico el gobierno Saudí en 1973 tomaron la decisión de aplicar un embargo petrolero en la producción que elevó el precio del crudo de los tradicionales 2 dólares por barril a cerca de 3.65”<sup>39</sup>, México todavía era un importador neto.

---

<sup>36</sup> *Ibid*: 144.

<sup>37</sup> *Idem*: 144.

<sup>38</sup> INEGI, “Indicadores seleccionados de la explotación petrolera Cuadro 10.1.2 Serie anual de 1938 a 2007”, Estadísticas de México 2009, Petróleos Mexicanos, Subdirección de Planeación y Coordinación. Anuario Estadístico. La Industria Petrolera en México. Petróleos Mexicanos. Subdirección de Administración y Finanzas. Memoria de Labores. (México: INEGI, 2009): 6

<sup>39</sup> UKessays, “La crisis petrolera” [En línea] <http://www.ukessays.co.uk/essays/economics/la-crisis-petrolera.php> (Consultado el 19 de Octubre del 2015).

Sin embargo, fue esa alza en los precios la que le permitió al país considerar comenzar a producir petróleo que a tres dólares no era viable importar; es decir, la crisis petrolera de 1973 propulsó la producción petrolera del país. Años más tarde, con el cambio de modelo económico de *industrialización por sustitución de importaciones* (ISI) al de la *industrialización orientada a las exportaciones* (IOE), México tuvo cambios en su estructura económica basada en la apertura comercial y en su confianza de los nuevos yacimientos petroleros.

Por la década de los setenta del siglo pasado, en la plataforma marina de la península de Yucatán se descubrió uno de los pozos petroleros más grandes del mundo llamado “Cantarell” en honor a Rudesindo Cantarell Jiménez quien repentinamente pescando encontró el pozo y en consecuencia se dio paso a la explotación del crudo en aguas someras del Golfo. “El gobierno esperaba que el yacimiento petrolero aportara más de 37% de la producción del país y Cantarell comenzó a dar sus primeros barriles de petróleo en junio de 1979, 8 años después de su hallazgo. Ese manto no solo se estimaba en más de 30 000 millones de barriles, sino que además podía producir a un ritmo inusualmente elevado”<sup>40</sup>. Para principios de los años ochenta, Cantarell ya podía producir un millón de barriles diarios, lo que convirtió a México en lo que siempre había querido ser: una potencia petrolera.

Años después en México se comenzaban a presentar algunos problemas, uno fue el crecimiento poblacional desmedido que causó un exceso en la explotación del petróleo por la alta demanda que el mercado estaba exigiendo; otro fue que desde 1971 México inició un proceso de endeudamiento externo que comenzó acelerarse debido al abandono en los acuerdos de Bretton Woods<sup>41</sup> y poco después creció aún más la deuda gracias al incremento de los precios del petróleo por la crisis originada por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) en 1973.

Algunos datos interesantes sobre esta etapa de la historia son que: “la deuda externa mexicana era de 2 056 millones de dólares (MDD) en 1964 correspondiente al periodo del presidente Adolfo López Mateos, ésta misma se

---

<sup>40</sup>Ortiz, Alicia; Romero Anayantzín; Díaz, Catalina, “1979: Cantarell, el Salvador de un país”, *CNN Expansión* (Miércoles 1 de septiembre de 2010) [En línea] <http://www.cnnexpansion.com/bicentenario/2010/08/27/bicentenario-historia-petroleo-mexico> (Consultado el 19 de octubre del 2015).

<sup>41</sup> La Conferencia de Bretton Woods del año 1944 (llamada también Acuerdos de Bretton Woods ) reunió a cuarenta y cuatro naciones en el hotel Bretton Woods, en el estado de New Hampshire - EE.UU. El principal objetivo era restablecer un orden monetario internacional mediante la creación del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional.

duplicó para 1970 a una cantidad de 4 262.80 MDD, y se multiplicó por diez seis años después en 1976 a la cantidad de 19 600.19 MDD<sup>42</sup>.

Sin embargo, en esos años, la crisis económica no fue difícil de superar puesto que el petróleo se había convertido ya en un importante generador de dólares. Y desde 1976 se supo que en la plataforma continental del Golfo había suficiente petróleo para convertir al país en una fortaleza económica.

La década de los 70 aparte de estar marcada por la crisis petrolera internacional, entre otros acontecimientos, nacieron organizaciones mundiales en torno al tema del petróleo a causa de los elevados precios de los hidrocarburos que motivaron a que los grandes consumidores buscarán una mayor eficiencia en su consumo de energía así como explorar fuentes alternativas que dieran ventajas económicas y políticas, ya que aún en esta época no se tenía un enfoque de cuidado hacia el medio ambiente. Es así que los gobiernos de los países importadores decidieron organizarse también en una Agencia que buscaba hacer contrapeso a la OPEP; de esta manera, dentro de las acciones que realizó la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), surge en 1974 la Agencia Internacional de Energía (AIE), organismo que agrupó a los principales consumidores de petróleo del mundo; la OCDE señala que:

Fue creada después de la crisis del petróleo de 1974 para coordinar las políticas de energía. Si bien está bajo el control administrativo del secretariado de la OCDE, es gestionada de manera autónoma. Fundada en gran parte por la necesidad de contar con un sistema compartido de emergencia en caso de interrupciones de energía; la AIE cuenta con 26 países miembros y tiene grandes cometidos: buscar los medios para mejorar los abastecimientos energéticos y procurar la utilización racional de energía; integrar las políticas energéticas y ambientales, así como establecer el diálogo entre productores y consumidores de energía, dentro y fuera de sus países miembros<sup>43</sup>

Esta organización es consultora en temas de energía y últimamente busca alternativas para el petróleo respecto a las bajas internacionales que ha tenido; Años más tarde, en 1986 México comenzó un proceso de cambio económico y político con la entrada al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT por sus siglas en inglés) y el libre mercado dio lugar a que la economía mexicana se basará en una sola industria nacional, ya que todos los otros sectores comenzaron a ser abarcados por transnacionales, la deuda se multiplicó y no se tuvo una estrategia a futuro.

---

<sup>42</sup> Aguirre Botello, Manuel, "60 Años de la Economía Mexicana, Estudio Comparativo de 10 Sexenios" [En línea] <http://www.mexicomaxico.org/Voto/60A.htm> (Consultado el 19 de octubre del 2015).

<sup>43</sup> OCDE, "Energía" (México): 21 [En línea] <http://www.oecd.org/centrodemexico/44358788.pdf> (Consultado el 19 de octubre del 2015).

Es entonces cuando el pozo de Cantarell fue el milagro que le brindó al país confianza para que se pensará que se podían solventar la deuda externa que cada vez se hacía mayor; desde que se comenzó a explotar, la producción petrolera tuvo una época de bonanza y crecimiento respecto a la producción de barriles petroleros, llegando a su cumbre en el año 2004; al respecto el analista económico Macario Schettino menciona que:

Alcanzó su punto máximo de producción en 2004, 2 millones 125 mil barriles diarios (mbd). A partir de entonces, el manto entró en declinación a un ritmo acelerado. En 2005, la producción fue de 2 millones 30 mil barriles diarios y en 2006 fue de apenas 1 millón 789 mil barriles diarios. Esta caída de cerca de 300 mbd se repitió en los siguientes dos años, de forma que en 2008 apenas alcanzaba a superar en el promedio anual un millón de barriles (1,01 mbd). Este ritmo de caída ha superado las expectativas de PEMEX, que año tras año ha pronosticado que la declinación se detendría.<sup>44</sup>

Este yacimiento petrolero fue considerado uno de los más importantes a nivel mundial siendo el segundo campo petrolero costa fuera más grande del planeta (es decir, con instalaciones sobre el mar), compitiendo incluso con los principales complejos de los países árabes; en las últimas décadas del siglo pasado, el aprovechamiento del pozo de Cantarell fue el inicio de la explotación contemporánea del petróleo del cual se ha sostenido México, no obstante, como ya se ha mencionado comienzan a declinar las reservas petroleras más importantes del país y con ellas la capacidad exportadora de esta materia prima y también la de producir grandes cantidades de combustible para la industria del transporte nacional. Ya para la década de 1990 en adelante la disminución de reservas y la producción petrolera entran en una fase acelerada, tal y como se indica a continuación:

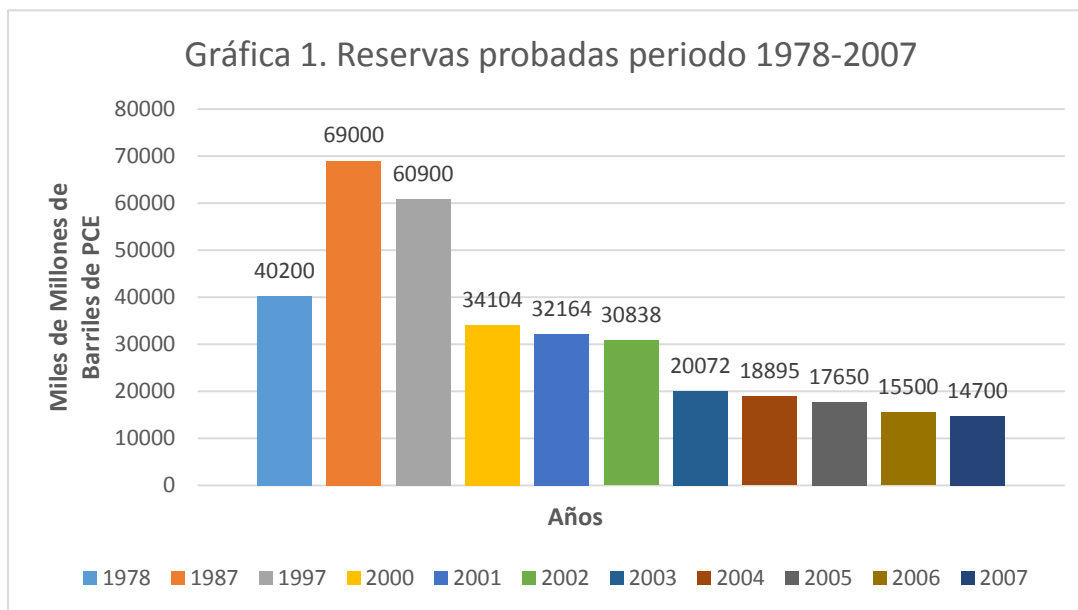
En el gobierno del presidente Ernesto Zedillo las reservas petroleras probadas disminuyeron 44% en tres años: de 1997 a 2000; en el sexenio de Fox, se redujeron otro 25%, también en tres años: de 2000 a 2003. Así, entre 1987 y 2003 bajaron de 69 mil millones de barriles de petróleo crudo (mmbpc) a 20.1 mmbpc; siendo un descenso del 71%; las razones de esta pérdida sin precedentes en la historia de la industria, fueron tres: la reevaluación de las reservas probadas, la sobreexplotación de los yacimientos y la alta tasa de crecimiento del consumo<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Schettino, Macario, "El mito de la energía en México" *Nueva Sociedad*, No. 220 (marzo-abril del 2009): 150-151.

<sup>45</sup> Gutiérrez Rodríguez, Roberto, "La Reforma petrolera de México: ¿Dos sexenios sin política energética?", *El Petróleo, el Gas y los Bioenergéticos*, UAM-X, Año 21, No. 58, septiembre-diciembre (México; Nueva Época, 2008): 38.

Con la siguiente gráfica se puede apreciar el descenso de las reservas petroleras en las últimas décadas.



Fuente: Elaboración propia a partir de la gráfica de Gutiérrez Rodríguez, Roberto; “La Reforma petrolera de México: ¿Dos sexenios sin política energética?”; en *EL PETRÓLEO, EL GAS Y LOS BIOENERGÉTICOS* Argumentos; UAM-X; MÉXICONUEVA ÉPOCA; AÑO 21 ^ Núm. 58 ^ sept-dic 2008, Pág. 39.

Esta situación que ha sido resultado de la gran explotación del petróleo en la industria nacional, principalmente por la industria del transporte dado por el crecimiento demográfico y que cada día salen al mercado nuevos modelos de automóviles siendo la industria automotriz una de las que más alta demanda tienen en la sociedad mexicana; esto propicia a que cada vez más cerca se encuentra la consumación de las reservas petroleras y al ser éste un recurso finito no es de dudarse que en el transcurso de la siguiente década del 2020 se comiencen a consumir varios de los pozos que quedan; por lo que es necesario una correcta inversión y administración en tecnologías sustentables ya que la historia de México está una vez más a punto de cambiar.

#### **2.4 Situación del petróleo: Algunos indicadores actuales**

Respecto a los temas anteriores se ha mencionado que el petróleo es una materia prima fundamental y de gran importancia para el desarrollo de la industria y de la sociedad, no obstante, se pinta un porvenir no muy favorable para el planeta respecto a la presión que sufren los sectores energéticos y ambientales en torno al

crudo; es por ello que se requieren de datos e indicadores que hagan tomar conciencia a los tomadores de decisiones; lo que da inicio a este apartado.

En el mundo, el consumo más grande de energía se concentra particularmente en Estados Unidos, en varios países de Europa Occidental y en los países con más alta tasa de crecimiento de sus economías, es decir, los de la región Asia-Pacífico; en México, al hablar del sector energético, es necesario tomar en cuenta la problemática que el medio ambiente está teniendo en todo el mundo, como la huella ecológica que la humanidad ha impreso en el planeta y las perspectivas que tienen de los recursos naturales no renovables como el petróleo, para poder aprender de las experiencias y planear estratégicamente acciones para ser competitivos y sustentables.

Como ya se ha dicho anteriormente la disminución de la producción mundial de energéticos comienza a partir del 2004 y hay perspectivas hasta el año 2030 donde este sector aparece con un enfoque de colapso global. Existen indicadores mundiales que urgentemente hacen aviso de la consumación próxima del crudo; al respecto Gerardo Gil Valdivia, brinda algunos datos importantes sobre las reservas mundiales del crudo:

Al final del año 2006, las reservas totales probadas de petróleo en el mundo ascendieron a 1,208.2 miles de millones de barriles de petróleo. De éstos, México cuenta con 12.9 miles de millones de barriles, 1.1% de la existencia mundial. Son las terceras reservas en Norteamérica, frente a las 29.9 miles de millones de barriles de los Estados Unidos y 17.1 miles de millones de barriles de Canadá. Son también inferiores en América Latina, a las de Venezuela, que alcanzan los 80 mil millones de barriles. En el mundo destacan por su importancia las reservas de Arabia Saudita que alcanzan 264.3 miles de millones de barriles; en segundo término, las de Irán con 137.5; Irak con 115.0 y Kuwait con 101.5. Estos cuatro países poseen, a diciembre de 2006, 51.2% del total mundial. Pero el total del Medio Oriente, esto es, adicionando a los cuatro países mencionados a Omán, Qatar, Siria, Emiratos Árabes Unidos y otros pequeños países de la región, tienen 61.5%. Es decir, por región, América del Norte tiene 5% de la reserva total probada mundial, frente a 8.6% de Centro y Sudamérica; 12% de Europa y Euroasia; 9.7% de África y 3.4% de Asia – Pacífico. Visto en otros términos, los principales países y regiones consumidoras, Estados Unidos, Europa Occidental, China y los países de Asia – Pacífico, están ubicados en regiones con poco petróleo, en tanto que el Medio Oriente, principal propietario de las reservas petroleras mundiales, continúa siendo un lugar muy conflictivo.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Valdivia Gil, Gerardo, "La crisis del petróleo en México, el sector energético nacional y la visión de largo plazo del desarrollo del país", *Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C.* (México,2008): 33.

Estos datos indican el nivel de las reservas de petróleo de los Estados Unidos, respecto a su consumo diario de 21 millones de barriles, en realidad son pocas, puesto que esta cantidad de consumo al día es enorme, por lo que en muchos casos ha requerido ha visto en otros países la forma de conseguir petróleo para de esta manera preservar sus reservas, en muchas ocasiones ocasionado incluso conflictos bélicos con tal de conseguir la materia prima; también a México lo ha requerido para suplir su demanda, de tal manera que se le vende petróleo a precios que incluso ellos determinan; es por ello que históricamente han tenido intereses geoestratégicos y políticos hacia México; por ejemplo, esto hace pensar de que no sea sorpresa que el crudo que se extrae en el país sea exportado a EUA para que lo *refinen*, consecuentemente revendiendo los barriles a un precio más elevado y que probablemente de este petróleo que se refina también se suministre aquel país; a lo que los gobernantes mexicanos han justificado por la falta de tecnología y de procesos de punta en territorio mexicano; lo que conlleva a una creciente presión sobre México por parte de EUA para efectuar mayores esfuerzos en la exploración e incorporación de nuevas reservas petroleras, es por ello que al haber encontrado yacimientos con grandes cantidades de petróleo en aguas profundas dentro del territorio mexicano, actualmente se busca con urgencia poner en práctica la Reforma Energética lo que se traduce en *“licitaciones a empresas privadas extranjeras”* que puedan explotar el recurso de manera legal; y para sorpresa de todos, la mayor parte de las transnacionales que entrarán en el 2017 al país serán norteamericanas llevando a aquella expropiación petrolera nacional al fracaso.

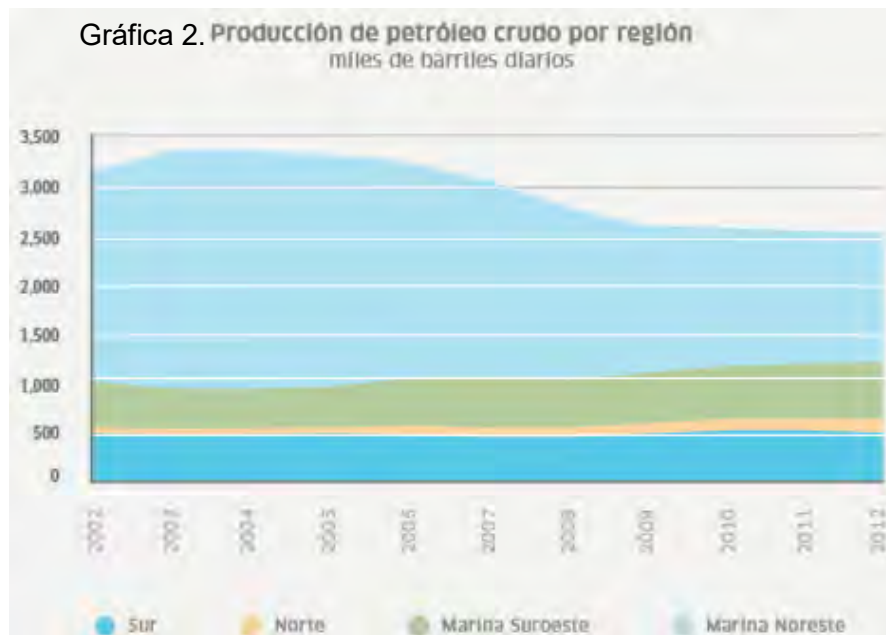
Por otra parte, la industria energética en estos últimos años ha sido afectada por la disminución de los precios del barril de petróleo; éstos comenzaron a subir de manera exponencial desde principios del siglo XXI pero fue hasta el año 2011 cuando alcanzaron su precio más alto en mucho tiempo de 105.66 pesos y a partir de ahí han ido a la baja (ver Tabla 4), y mucho tiene que ver la sobreoferta de petróleo de esquisto por parte de EUA y claramente la baja de las reservas nacionales, por lo que se ha requerido bajar el precio de los barriles petroleros mexicanos para poder ser competitivo y atractivo en el mercado de exportación. A continuación se muestran unas gráficas de precio y producción del petróleo, en las que se pueden observar la disminución de ambos factores en los últimos años.



Tabla 1. Producción de petróleo crudo por región y activo

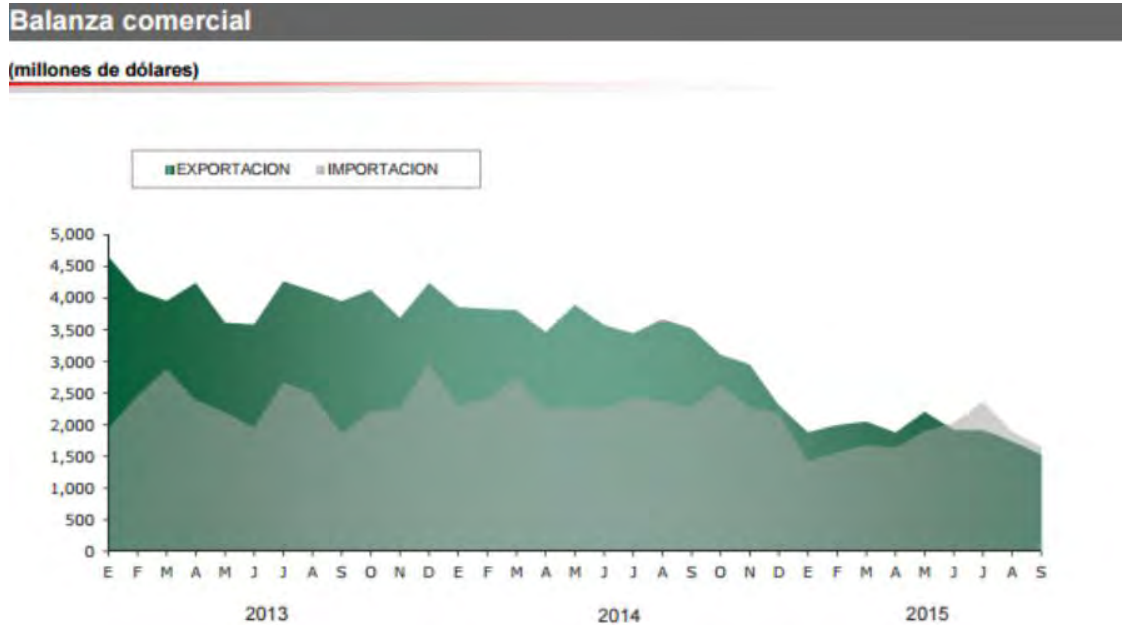
Miles de barriles diarios												
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Variación 2012/2011 %
Total	3177.1	3370.9	3382.9	3333.3	3255.6	3075.7	2791.6	2601.5	2577.0	2552.6	2547.9	-0.2
Región Marina Noreste	2151.6	2416.3	2440.8	2357.0	2204.7	2017.7	1745.6	1492.5	1397.2	1342.7	1309.2	-2.5
Cantarell	1902.3	2122.8	2136.4	2035.3	1800.9	1490.5	1039.5	684.8	558.0	500.7	454.1	-9.3
Ku-Maloob-Zaap	249.3	293.6	304.4	321.7	403.8	5277.2	706.1	808.0	839.2	842.1	855.1	1.5
Región Marina Suroeste	452.2	397.6	388.2	396.3	475.1	505.9	500.3	517.6	544.4	560.6	585.5	4.4
Abkatún-Pol-Chuc	406.8	359.0	321.8	299.8	332.2	312.3	308.1	305.4	296.3	276.2	266.3	-3.6
Litoral Tabasco	45.4	38.6	66.4	96.5	142.9	193.6	192.2	212.3	248.1	284.4	319.2	12.2
Región Sur	498.4	483.3	472.7	496.6	491.3	465.2	458.7	497.7	531.9	530.6	508.2	-4.2
Cinco Presidentes	34.3	37.3	37.7	38.8	39.3	44.6	47.3	56.6	71.7	83.5	96.0	15.0
Bellota-Jujo	201.8	195.4	212.3	224.0	219.1	190.0	174.8	172.2	160.2	143.4	130.3	-9.1
Macuspana-Muspac	49.9	44.7	41.0	38.2	40.2	44.0	51.8	69.1	82.4	81.1	76.8	-5.3
Samaría-Luna	212.3	205.9	181.6	195.5	192.7	186.7	184.7	199.9	217.5	222.7	205.1	-7.9
Región Norte	74.9	73.6	81.2	83.5	84.5	86.9	87.1	93.3	103.6	118.8	145.1	22.2
Burgos	*	*	*	*	*	*	*	*	1.2	2.5	4.8	88.2
Poza Rica-Altamira	73.4	72.1	79.5	81.6	83.0	85.1	55.7	59.1	56.5	60.2	67.8	12.7
Aceite Terciario del Golfo	*	*	*	*	*	*	29.3	29.5	41.0	52.8	68.6	29.8
Veracruz	1.5	1.5	1.7	1.9	1.5	1.8	2.1	4.6	4.9	3.2	4.0	22.7

Fuente. Elaboración propia a partir de la Tabla 2.5 del Anuario Estadístico PEMEX 2013; Producción de petróleo crudo por región y activo; por la Dirección corporativa de Finanzas (2013): 17. Círculo agregado.



Fuente. *Ibid.* pp.17.

Gráfica 3. Exportación e Importación de petróleo en la balanza comercial mexicana 2013-2015



Fuente. PEMEX, Indicadores petroleros: Informe mensual sobre producción y comercio de hidrocarburos; septiembre 2015 Vol, XXVII N° 9 [En línea] <http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/indicador.pdf> Consultado el 27 de octubre del 2015.

De acuerdo con la gráfica 3, la producción petrolera para exportaciones ha afectado gravemente a la balanza comercial, ya que se puede observar que las que van a la alza son las importaciones, es decir, se ha volteado el panorama de la industria petrolera mexicana, es inconcebible que un país petrolero importe petróleo, si su economía nacional en general refleja problemas con los recortes al gasto público y con mayor desempleo, aquí hay un costo de oportunidad muy grande ya que siendo una industria económicamente importante para el país se le debería proteger, invertir para la modernización de instalaciones sin la necesidad de importar los barriles petroleros.

Así mismo, tanto en la Tabla 1 y en la Gráfica 2 la disminución petrolera está presente en la mayor parte de las regiones, las variaciones de producción han sido negativas a un ritmo muy acelerado y eso que sólo engloban una década; es por ello que se considera que con la entrada de nuevas empresas transnacionales, el crecimiento poblacional y una mayor demanda de combustible ocasionarán la aniquilación de esta materia prima incluso con los pozos de aguas profundas que fueron descubiertos en la región Marina Norte.

**Tabla 2. Producción de hidrocarburos líquidos en México 2010-2015**

(miles de barriles diarios)

	Total	Petróleo crudo							Líquidos del gas*
		Total crudo	Por tipo			Por región			
			Pesado	Ligero	Superligero	Regiones marinas	Región sur	Región norte	
2010	2,954	2,577	1,464	792	321	1,942	532	104	377
2011	2,937	2,553	1,417	798	337	1,903	531	119	384
2012	2,913	2,548	1,385	834	329	1,895	508	145	365
2013	2,882	2,522	1,365	847	310	1,896	481	145	360
2014	2,788	2,429	1,266	864	299	1,851	452	125	359
2015	2,594	2,263	1,158	833	272	1,755	396	113	330
Enero	2,602	2,251	1,115	864	273	1,739	398	114	351
Febrero	2,678	2,332	1,191	870	271	1,821	397	113	346
Marzo	2,659	2,319	1,188	864	267	1,814	393	113	340
Abril	2,513	2,201	1,168	773	260	1,696	392	113	311
Mayo	2,550	2,227	1,169	798	260	1,725	390	112	323
Junio	2,572	2,247	1,170	815	262	1,738	398	111	325

Fuente. Elaboración propia a partir de la tabla de: PEMEX, Indicadores petroleros: Informe mensual sobre producción y comercio de hidrocarburos; Septiembre 2015 Vol, XXVII N° 9 [En línea] <http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/indicador.pdf> Consultado 27 octubre 2015. Flechas agregadas.

En la tabla 2 se puede apreciar que en estos últimos 5 años la producción de petróleo crudo en todos sus tipos y regiones ha ido a la baja de una manera nunca antes vista; estos indicadores no habían mostrado un declive tan pronunciado inclusive en varias décadas del siglo pasado. Lo que genera preocupación por las tendencias de explotación que se prevén en un futuro. Si se sigue explotando a tal medida inevitablemente llegará a su fin antes de la mitad del siglo XXI y más aún con la creciente explosión demográfica que el país y el mundo en general está experimentando.

Tabla 3. Precio exportación por región 2010-2015  
**Precio de exportación de petróleo crudo mexicano por región**  
(dolares por barril)

	América				Europa			Oriente	
	Costa del Golfo			Costa Oeste	Istmo	Maya	Olmeca	Istmo	Maya
	Istmo	Maya	Olmeca	Istmo					
2010	78.83	70.22	79.58		77.76	72.44		80.72	74.27
2011	105.59	98.36	109.83		110.27	101.79		109.1	101.41
2012	105.29	99.6	109.39		109.94	100.8		113.4	101.47
2013	103.38	96.82	107.92		107.07	97.24			96.88
2014	91.56	85.77	93.36	91.65	97.49	80.91	93.14	105.26	79.05
2015	55.72	46.71	57.13	51.74	51.01	40.67	51.24	50.00	39.92
Enero	46.93	40.1	48.43		45.79	41.82	45.89	45.36	40.2
Febrero	56.07	46.93	54.33	47.99	55.57	44.68	50.65	47.99	41.91
Marzo	54.58	45.53	53.95	47.84	51.48	49.89	53.03	47.92	45.35
Abril	62.79	49.49	59.56	52.7	57.15	48.32	56.26	50.44	
Mayo	62.83	54.95	65.86		59.1	443.33	60.39	55.03	47.35
Junio	92.27	56.75	64.79	58.26	43.38	37.78	58.03	58.07	48.53
Julio	55.49	50.58	55.8		50.81	34.47	56.42	52.96	34.98
Agosto	48.36	40.84	49.04	44.64		35.69	45.43	46.75	34.51
Septiembre	47.68	39.53	49.58		43.36	34.58	45.5	43.06	34.85

Fuente. Elaboración propia a partir de la tabla de: PEMEX, Indicadores petroleros: Informe mensual <http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/indicador.pdf> Consultado 27 octubre 2015.

Tabla 4. Producción y Exportaciones de petróleo crudo 2002-2014

EXPORTACIONES DE PETRÓLEO CRUDO

VOLUMEN en Miles de Barriles

PERIODO	Total	Maya	Istmo	Olmeca
2002	622,370	521,989	17,070	90,537
2003	673,033	585,232	9,093	78,708
2004	682,671	591,867	9,986	80,818
2005	663,250	554,928	29,555	78,767
2006	654,345	545,247	24,927	84,170
2007	615,458	537,400	15,016	63,042
2008	512,235	456,433	8,425	47,298
2009	447,283	389,881	5,171	52,195
2010	496,596	391,994	27,328	77,274
2011	488,402	378,089	36,245	74,069
2012	458,286	351,287	36,305	70,694
2013	433,905	360,420	37,497	35,988
2014	416,923	333,735	48,798	33,298
2015-I Tr.	113,726	83,183	17,540	13,003
PERIODO	Total	Maya	Istmo	Olmeca

VALOR en miles de U. S. dólares

PERIODO	Total	Maya	Istmo	Olmeca
2002	13,395,000	10,638,287	400,712	2,217,827
2003	16,676,276	14,113,201	255,365	2,307,710
2004	21,257,940	17,689,154	380,899	3,187,887
2005	28,311,065	22,495,208	1,569,731	4,246,126
2006	34,704,530	27,833,118	1,428,085	5,443,327
2007	37,946,695	32,427,682	1,049,957	4,469,055
2008	43,324,110	37,928,000	685,000	4,712,000
2009	25,693,244	21,920,000	327,000	3,443,000
2010	35,985,417	27,687,326	2,148,926	6,149,164
2011	49,322,251	37,779,758	3,849,906	8,132,587
2012	46,788,132	35,128,525	3,905,336	7,754,271
2013	42,723,191	34,911,142	3,928,125	3,883,923
2014	35,855,738	28,124,872	4,563,567	3,124,288
2015-I Tr.	5,093,474	3,567,386	861,380	664,707
PERIODO	Total	Maya	Istmo	Olmeca

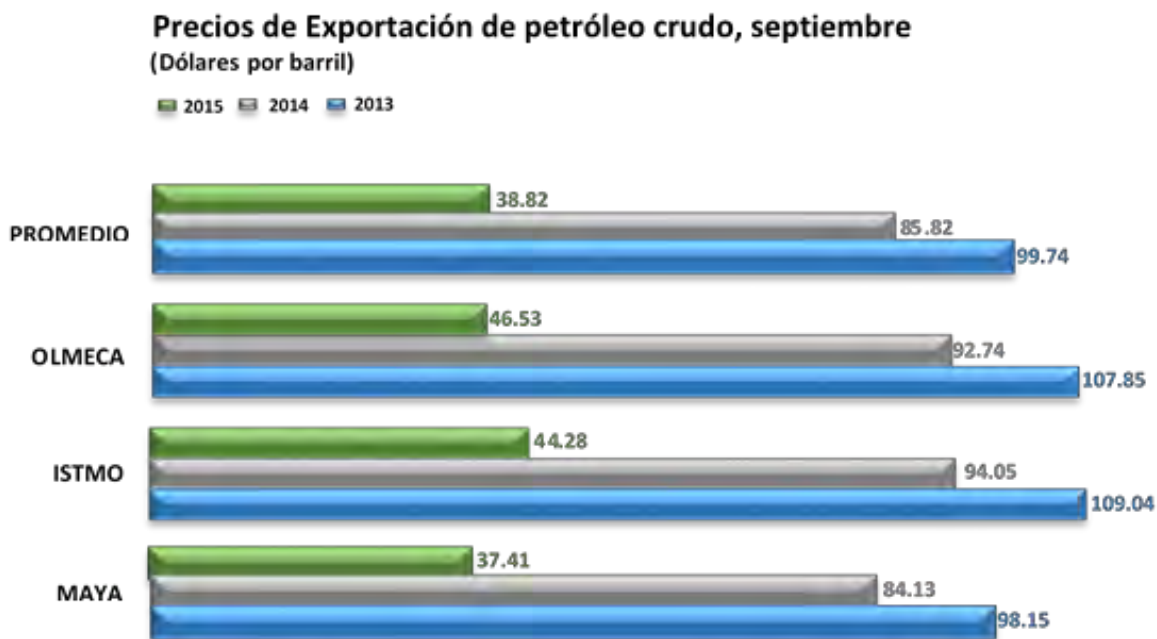
MEZCLA MEXICANA de petróleo crudo

PRECIO PROMEDOP ANUAL en dólares/barril

Calculado	SENER/MP	INPC-USA	Precio Actual	PERIODO
21.52	21.52	180.90	28.09	2002
24.78	24.77	184.30	31.74	2003
31.14	31.05	190.30	38.64	2004
42.69	42.68	196.80	51.21	2005
53.04	53.04	201.80	62.06	2006
61.66	61.66	210.04	69.31	2007
84.58	84.35	210.23	94.99	2008
57.44	57.44	215.95	62.81	2009
72.46	72.46	219.18	78.06	2010
100.99	101.00	225.67	105.66	2011
102.09	101.81	229.60	104.99	2012
98.46	98.46	233.05	99.76	2013
86.00	86.01	234.81	86.80	2014
44.79	44.79	236.12	44.79	2015-I Tr.
Calculado	SENER/MP	INPC-USA	Precio Actual	PERIODO

Fuente. Elaboración propia a partir de la tabla de Ing. Aguirre Botello, Manuel, Exportaciones de Petróleo Crudo 1974 – 2015 Sector Energético Mexicano, Indicadores Anuales; Instituto mexicano del petróleo [En línea] <http://www.mexicomaxico.org/Voto/PetroCrudo.htm> (Consultado el 27 octubre 2015). Cuadros agregados.

Gráfica 4. Precios de exportación de petróleo crudo de septiembre 2013, 2014 y 2015



Fuente. Elaboración propia a partir de la gráfica de PEMEX, Indicadores petroleros: Informe mensual sobre producción y comercio de hidrocarburos; Por la Subdirección de desempeño del negocio; Septiembre 2015 Vol, XXVII N° 9 [En línea] <http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/indicador.pdf> Consultado 27 octubre.

Lo que las gráficas y tablas anteriores pueden asegurar es que el precio del petróleo y las cantidades extraídas han sido exageradamente alarmantes en relación con años anteriores; lamentablemente, estos indicadores han sido manejados tendenciosamente en beneficio del sector privado ya que el gobierno actual los utilizó para justificar la factibilidad de la reforma energética ayudando a que fuera aprobada en 2013 para la apertura a la inversión extranjera directa en el sector petrolero que, como ya se había señalado, fue protegido desde 1938 por el presidente Lázaro Cárdenas y que se manifestó como un acto de apoyo al desarrollo industrial y soberanía nacional, la cual actualmente ha sido totalmente arrebatada por la competencia entre particulares y transnacionales en busca de las ganancias de este sector; estos indicadores se han manejado y presentado de manera tergiversa ante la población puesto que sólo se dijo que México no contaba con la tecnología adecuada para poder explotar los pozos que acababan de ser encontrados en “aguas profundas” en el Golfo de México, esto fungió como talante para permitir la entrada de nuevos participantes que “ayudaran a explotarlos”, y le dieron la espalda a la opción de modernizar e innovar a PEMEX para que fuera un fiel y seguro contrincante en este sector incluso de manera

internacional; la siguiente cita revela parte de lo que se logró con el mal manejo de estos indicadores y con grandes intereses económicos de por medio:

El artículo 28 de la Constitución modifica el estatus de la petroquímica básica como área estratégica para el país ya que ahora no constituirá *un monopolio*; Asimismo el decreto reforma el artículo 25 con fines de mejoras a la economía mexicana de la siguiente manera: “La ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los *particulares* y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el *desarrollo industrial sustentable* que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta Constitución.”<sup>47</sup>

En resumen, se permitirá que los particulares participen directamente bajo supuestos esquemas regulados por el gobierno federal mexicano en la cadena de valor de la industria petrolera desde la extracción, hasta la distribución y comercialización, tanto de petróleo crudo, gas natural y sus líquidos, como de petroquímicos y refinados, a través de permisos que se otorguen en los términos que establezca la legislación secundaria. Pero de lo que aún nadie ha hecho comentarios es sobre uno de los puntos más importantes de esta reforma, que son las propuestas estratégicas de impulso de energías renovables para instaurar un *desarrollo industrial sustentable* que va aunado a una administración e inversión en ciencia y tecnología para que se pueda crear competencia en procesos de refinación, petroquímica y transporte de hidrocarburos así como el cuidado y preservación por esta materia prima. Definitivamente los indicadores se han usado para beneficio de unos cuantos y no han sido presentados para mejorar la economía mexicana, no obstante es necesario que se den a conocer para que como en este caso justifiquen el apoyo e inversión en tecnología sustentable por el simple hecho de cuidar al planeta.

## **2.5 La Biotecnología como una estrategia sustentable alternativa**

El siglo XX ha dejado una importante herencia en la construcción política, económica y cultural en la sociedad internacional contemporánea; en esta época acontecieron varios conflictos sociales como la Primera y Segunda Guerra Mundial

---

<sup>47</sup> Diario Oficial de la Federación, “Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía” [En línea] [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013) (Consultado el 28 octubre 2015).

así como la Guerra Fría, las cuales fueron causantes de desarrollos científicos y tecnológicos jamás antes vistos, además propiciaron el inicio de otros sustanciales sucesos como la gran apertura de mercado que tuvieron países como China o Japón los cuales comenzaron una ardua *competencia* en varias ramas de la tecnología que han sido la base de innovaciones que están surgiendo en el presente y que abren paso a una transformación mundial con un futuro sin precedentes.

Los grandes cambios económicos de la historia han sucedido cuando existe la concurrencia de una serie de fuerzas tecnológicas y sociales que crean nuevos sistemas de producción y productos en la vida diaria de las personas en busca de soluciones a problemas que en épocas específicas han sido de gran preocupación; en principio, el objetivo principal de la tecnología a lo largo de la historia ha sido buscar respuesta a los problemas humanos; sin embargo, hoy en día diversos dispositivos tecnológicos se han convertido en objeto de intereses personales y creación de riqueza provocando catástrofes ambientales que hoy en día necesariamente se tienen que solucionar para el beneficio y cuidado del planeta, se debe considerar a una de las áreas tecnológicas que desde su aparición busca soluciones a problemas como la hambruna, el agotamiento de recursos y la contaminación atmosférica es la biotecnología, la cual promete tener gran impacto en la sociedad moderna.

La palabra biotecnología “fue acuñada en 1919 por Karl Ereky”<sup>48</sup>, un ingeniero húngaro, que hace referencia a una combinación técnica de las palabras biología y tecnología y que ha sido utilizada para referirse a los métodos y técnicas que permiten la producción de sustancias mediante materias primas y con la ayuda de los organismos vivos. Fue hasta ese año cuando el concepto se dio a conocer con tal nombre.

No obstante, Nathan Rosenberg señala que: "la biotecnología tiene su gran desarrollo desde el último tercio del siglo XIX con la brillante creación científica de bacteriología de Pasteur, la cual incrementó vastamente el nivel de especialización en el mundo de la medicina"<sup>49</sup>.

Finalmente, una definición estándar de la biotecnología se alcanzó en el Convenio sobre la Diversidad Biológica en 1992 mencionando que por “Biotecnología se entiende a toda aplicación tecnológica que utilice sistemas

---

<sup>48</sup>Fári, M. G.; Kralovánzsky, U. P., “The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky”, *International Journal of Horticultural Science*, OrsósOttó Laboratory, University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Department of Vegetable (2006): 9-12.

<sup>49</sup>Rosenberg, Nathan, “Studies science and the innovation process”, *World scientific* (USA, 2010): 275.



biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos y procesos para usos específicos”<sup>50</sup>.

En resumen, la biotecnología es el nombre dado a un conjunto de técnicas y procesos que usan organismos biológicos; el término biotecnología incluye los siguientes componentes: "bios", "techno" y "logos" de origen griego y que quieren decir “vida”, “arte” y “teoría o concepto”.

Las definiciones anteriores indican que la biotecnología es desarrollada esencialmente a partir de la utilización de microorganismos, células animales, vegetales y/o sus enzimas<sup>51</sup> o catalizadores junto con la aplicación de procesos físicos y químicos como el calentamiento y enfriamiento de la materia para sintetizar la destrucción o transformación de los materiales elegidos y así producir productos útiles para diversas necesidades humanas.

El potencial biotecnológico es inmenso y puede brindar sustentabilidad y protección a la industria de los alimentos así como mejorar la salud humana y animal, *generar nuevas fuentes energéticas*, mitigar la contaminación con el objetivo de proteger al medio ambiente; la biotecnología fue reconocida en la Agenda 21<sup>52</sup> del esquema de trabajo adoptado por la Conferencia de 1992 de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro. En la conferencia se afirmó que:

La biotecnología promete hacer una contribución importante al permitir el desarrollo de, por ejemplo, una mejor atención de la salud, mejorar la seguridad alimentaria a través de prácticas agrícolas sustentables, fuentes mejoradas de agua potable, *de petróleo y energía*, procesos industriales más eficientes de desarrollo para la transformación de materias primas, el apoyo a métodos sostenibles de forestación y reforestación, y la desintoxicación de los desechos peligrosos.<sup>53</sup>

---

<sup>50</sup> Organización de Naciones Unidas, *Convenio sobre la diversidad biológica* (1992): 3.

<sup>51</sup> Las enzimas son moléculas de naturaleza proteínica que aceleran las reacciones bioquímicas. Las enzimas, como cualquier catalizador incrementan notablemente la velocidad de las reacciones químicas al disminuir su energía de activación sin ser modificadas o consumidas en la reacción. Facultad de Química UNAM: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/1.4.ENZIMAS\\_24470.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/1.4.ENZIMAS_24470.pdf) [Consultado el 29 Octubre 2015]

<sup>52</sup> *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, República Federativa del Brasil- Junio de 1992*, Jefatura de Gabinete de Ministros, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable [En Línea] <http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/ageindi.htm> (Consultado el 29 de octubre del 2015).

<sup>53</sup> Agenda 21, Capítulo 16. El texto completo de la Agenda 21 está disponible en: [www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm) (Consultado el 29 de octubre del 2015).



Como se puede observar la biotecnología es un área en la que se puede generar conocimiento en muchos sectores así como productos, ya que las sustancias biológicamente activas, la síntesis y resultados obtenidos, se pueden utilizar ampliamente en la medicina, la agricultura, la industria alimentaria, el petróleo, etc. Por ejemplo, “con la ayuda de microorganismos a partir de desperdicios vegetales se puede producir biocombustibles reutilizando y aprovechando los residuos industriales, domésticos, aguas residuales, la lixiviación de los metales (oro, cobre) de las rocas y los vertederos entre otros beneficios. Este tema es muy atractivo ante el nuevo mercado puesto que puede resolver varios problemas que la sociedad vive.

Como parte del tema es primordial saber las áreas de desarrollo de la biotecnología y su tipología para comprender de donde se derivan los diversos procesos de esta área de innovación tecnológica; al respecto, el estudio de “La Biotecnología en México”<sup>54</sup> indica las tres principales áreas de mayor I&D:

- La primera engloba a las nuevas sustancias biológicamente activas y medicamentos utilizados en la atención de la salud para el diagnóstico, profilaxis y tratamiento de diversas enfermedades; esta es el área de la biotecnología que más inversión tiene alrededor del mundo y es también conocida como biotecnología “roja”. Está relacionada con las aplicaciones industriales de la biotecnología (producción de microorganismos, fermentaciones, especialidades químicas, biotransformaciones).

- La segunda área engloba a los agentes de control biológico de plantas agrícolas de patógenos y plagas, fertilizantes y bacterianas reguladores de crecimiento de plantas y animales, las nuevas variedades de plantas, resistente a una amplia gama de efectos adversos (factores ambientales), nuevas razas de animales con propiedades útiles (transgénicos); esta rama es llamada como la biotecnología “verde” la cual está catalogada de esta manera puesto que va dirigida hacia la flora, fauna, frutos y relacionada con las aplicaciones de la producción agrícola.

- Finalmente, la tercer área va dirigida a la creación de nuevas tecnologías con valor comercial en productos para la industria petrolera, alimentaria, química y microbiológica; así como aditivos valiosos para mejorar la productividad en animales de granja (alimentación, aminoácidos, proteínas, vitaminas, enzimas que favorecen la digestión alimenticia, etc); en estas tecnologías son necesarias

---

<sup>54</sup> Trejo Estrada, Sergio; *La biotecnología en México: La situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo*; (México, 2010, Centro de investigación en biotecnología aplicada del IPN): 13-14.

biomasas como frutos de la agricultura, residuos industriales y domésticos para elaborar productos biotecnológicos que pueden ser utilizados en otros sectores de las actividades económicas humanas. En esta área también se innova en técnicas de bioingeniería para obtener sustancias y fármacos utilizados para diversos fines en la agricultura y la medicina humana y veterinaria. A este tipo de categoría en la que las nuevas técnicas son experimentales y son base de la innovación se le llama biotecnología “*blanca*” por estar inmersa en el campo *industrial* e inagotablemente *experimental*; es importante recalcar que es en esta área de donde se derivan las innovaciones en biocombustibles.

Dentro de la biotecnología industrial los biocombustibles líquidos actualmente son un mercado en crecimiento donde se colocan los intereses de las industrias químicas y los gobiernos de muchos países debido a sus ventajas técnicas, económicas y ambientales, como la simplificación de procesos en los combustibles fósiles, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero que de ellos se desprenden y de los que cada vez son mayores las cantidades que afectan al planeta, así como la sustentabilidad en el uso de insumos y de materias primas finitas como lo es el petróleo y la disminución de la generación de residuos industriales y domésticos.

En la industria petrolera, actualmente la biotecnología industrial comienza a ser un tema de gran importancia, en específico, al buscar el desarrollo de diversos biocombustibles líquidos como por ejemplo, el bioetanol y biodiesel que son producidos a partir de *recursos renovables para su uso en mezclas con o como sustitutos de la gasolina y el diesel*. La biotecnología industrial permite la producción y experimentación de sustancias químicas que de otro modo no podrían ser técnica, ambiental o económicamente viables, dando paso a un conjunto de oportunidades sustentables y una gama de posibilidades ante el agotamiento de hidrocarburos fósiles.

## **2.6 Los biocombustibles**

En esta última parte del capítulo se hace brevemente referencia de la situación económica y ambiental que se vive actualmente en el área de biocombustibles, no obstante, este tema será desarrollado con mayor hondura en el capítulo 4. Asimismo en esta sección se señalan diferentes definiciones de este concepto así como sus principales características.

El panorama actual del negocio del petróleo para México se está derrumbando por la nueva realidad petrolera y gasera que ha surgido tras cambios tecnológicos en Estados Unidos que multiplicaron su producción y sus reservas en diversas provincias de esa nación; últimamente el gas y los hidrocarburos líquidos son extraídos de “lutitas y arena compactas de baja permeabilidad comúnmente llamado “petróleo de esquisto” o también “shale gas o shale oil”; este aumento se ha hecho viable por controversiales técnicas de extracción como “el fracking o fracturación hidráulica”<sup>55</sup> así como por la perforación horizontal de pozos que nacieron como resultados de las mejoras tecnológicas y para proteger las reservas aún existentes en sus pozos petroleros.

Es así que se está generando una transformación en el mundo sobre el área petrolera ocasionada por el crecimiento de la producción en países como Estados Unidos y por otra parte por la escasez en países como México.

Al respecto hay fragmentos del artículo *El futuro nos alcanzó: notas sobre el cambio energético de Norteamérica* que señalan:

Hechos fundamentales del cambio son los siguientes: La producción estadounidense de petróleo crudo en 2012 aumentó al ritmo más elevado de su historia, llegando a ser a principios de 2013 de más de siete millones de barriles diarios, cantidad sólo superada por Arabia Saudita y de Rusia; la importación estadounidense de hidrocarburos líquidos disminuyó 40% entre 2005 y 2012; asimismo en 2011 Estados Unidos volvió a ser exportador neto de productos refinados, por primera vez desde 1949. En México, por el contrario, las reservas probadas de petróleo crudo disminuyeron 29% de 2004 a Junio de 2013; En el mismo año la exportación mexicana neta de hidrocarburos cayó de su máximo histórico de un millón 800 mil barriles diarios a 735 mil.<sup>56</sup>

Esta información sirve como justificación de que hoy en día es necesario estudiar y proponer innovación y desarrollo en ciencia y tecnología que tengan como médula espinal una tendencia sustentable en México; como resultados de los avances tecnológicos los biocombustibles representan en la actualidad una potencial propuesta de fuente de energía renovable además de la generación de competitividad económica en nuevos mercados.

No obstante, sólo algunos de los actuales desarrollos en biocombustibles son viables, ya que la mayoría implica altos costos ambientales; es por ello que los

---

<sup>55</sup> Estrada, Javier H., “Desarrollo del Gas Lutita (Shale Gas) y su impacto en el mercado energético de México: Reflexiones para Centroamérica” CEPAL, Naciones Unidas (2013) [En línea] <http://www.comimsa.com.mx/cit/data/GasShale/4-DESARROLLO%20DEL%20GAS%20LUTITA.pdf> (Consultado el 04 de noviembre del 2015).

<sup>56</sup> Lajous, Adrián, “El futuro nos alcanzó: notas sobre el cambio energético de Norteamérica”, *Nexos* (junio del 2013): 29.

efectos económicos, climáticos y sociales deben estudiarse con claridad y es necesario evaluarlos cuidadosamente antes de proponer el desarrollo de algún proyecto a gran escala. Las estrategias en países como México respecto a esta tecnología deben comenzar a gestarse desde un monitoreo tecnológico generando inteligencia tecnológica competitiva para llevar a cabo una planeación estratégica con visión y análisis costo-beneficio de cada acción a mediano y *largo plazo*.

En el artículo *Verdades y mitos de los biocombustibles* se señala la siguiente definición referente a esta tecnología:

Biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, nombre dado a cualquier materia orgánica de origen natural que haya derivado de animales y vegetales como resultado de un proceso de conversión fotosintético, químico o físico; la energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, como la madera de los bosques, los residuos de procesos agrícolas y forestales, de la basura industrial, vegetal o animal.<sup>57</sup>

Otra definición se encuentra señalada en el artículo 2 de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos:

Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticos, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente en los términos de esta Ley; atendiendo a lo dispuesto en el artículo 1 fracción I de este ordenamiento.<sup>58</sup>

Asimismo entre las disposiciones generales de esta ley se encuentran definidos dos biocombustibles:

- “Biodiesel: Combustible que se obtiene por la trans-esterificación de aceites de origen animal o vegetal;
- Etanol Anhidro o Bioetanol: Tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener muy bajo contenido de agua”<sup>59</sup>

Es importante señalar que no por ser estos dos biocombustibles los más desarrollados o usados a nivel mundial podrían ser alternativas viables para el país, ya que cada región es diferente en cuestiones ambientales, presupuestales,

---

<sup>57</sup> Hernández, Marco Antonio; Hernández, Jorge Arturo, “Verdades y mitos de los biocombustibles”, *Elementos*, No. 71 (2008): 15-18.

<sup>58</sup> Cámara de Diputados, “Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos” [En Línea] [www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf) (Consultado el 29 de diciembre del 2015).

<sup>59</sup> *Ídem*.

culturales y políticas, es por ello que se debe dar un análisis específico de esta tecnología para el caso de México; finalmente el monitoreo servirá para observar los diferentes procesos de los que se pueden obtener biocombustibles alternativos, revelando experiencias positivas o negativas que otros países han experimentado y de ahí que la evaluación de las características y la factibilidad técnico, económica y ambiental sirva para proponer una opción viable para el país; por ejemplo casos no tan favorables se han dado en países subdesarrollados del sureste asiático que están arruinando sus ecosistemas silvestres por crear plantaciones para biocombustibles; lo cual es justo lo contrario de lo que se desea conseguir, pues los bosques y selvas limpian más el aire de lo que lo hacen los “cultivos energéticos”; por eso es importante analizar cuidadosamente qué es lo que tiene mayor beneficio para el país.

No obstante los biocombustibles cuentan con un panorama bastante favorecedor al tener un mercado en crecimiento para el sector energético, sobre todo si se observa que los precios de los barriles del petróleo han sido muy bajos, por ejemplo el “20 de Enero del 2016 se anunció a nivel nacional que el precio del petróleo se desplomó a 18.90 dólares por barril”<sup>60</sup> estos datos realmente son preocupantes y si no se impulsa un desarrollo de combustibles alternos, la situación empeorará.

Los biocombustibles se pueden generar en los tres estados de la materia, es decir, sólidos, líquidos y gaseosos, sin embargo, esta investigación se centra en específico en el estudio de la categoría de los *líquidos*, ya que pueden sustituir al petróleo y sus combustibles derivados, que impactan principalmente en la industria del transporte puesto que es la que más demanda tiene de ellos. En el caso de los biocombustibles líquidos, los más usados y desarrollados a nivel mundial son sin duda el biodiesel y el bioetanol puesto que se obtienen a partir de algunos cultivos como el maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha, así como de grasas o aceites animales y vegetales.

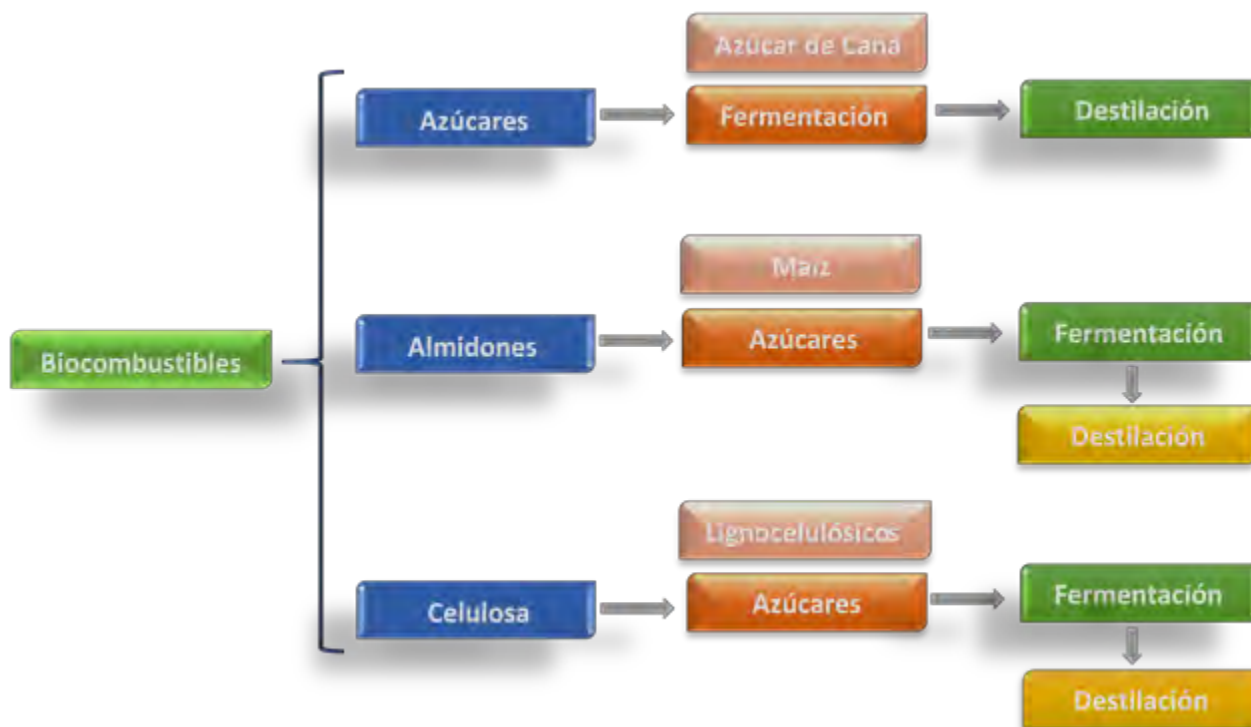
En este apartado, se presenta como *ejemplo* el caso del bioetanol; al respecto Serna, Barrera y otros mencionan que “el bioetanol constituye más del 90% del total de biocombustibles que se utilizan actualmente en el mundo... las etapas principales para producir bioetanol son a partir de sacarosa (de caña, remolacha,

---

<sup>60</sup>“Mezcla mexicana cae a 18.90 dólares por barril, su peor a nivel desde 2002”, *El Economista* (20 de enero del 2016) [En línea] <http://eleconomista.com.mx/mercados-estadisticas/2016/01/20/mezcla-mexicana-cae-1890-dolares-barril-su-peor-nivel-2002> (Consultado el 21 de enero 2016).

etc.), almidón (de maíz, trigo, tubérculos, etc.) y residuos lignocelulósicos (pajas, residuos agrícolas e industriales, bagazo de caña, etc.)”<sup>61</sup>. (Ver figura 1).

Figura 1. Etapas principales para la producción de bioetanol



Fuente: Elaboración propia a partir de la gráfica de Serna, Fabiola, Barrera, Luis et al. "Impacto social y económico en el uso de biocombustibles"; *Journal of Technology Management & Innovation*; Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Economía y Negocios; 2011, Volume 6, Issue 1, pp. 102.

En la Figura 1 se muestran las etapas de producción del bioetanol a partir de tres diferentes componentes que se requieren para su fabricación en el caso de los azúcares un proceso de fermentación o destilación que depende la biomasa seleccionada; en este ejemplo se puede apreciar que incluso para producir el mismo producto se requiere de una evaluación técnica, económica y ambiental buscando no afectar al medio ambiente, reducir costos y aprovechar las riquezas naturales de la región o país en cuestión; en países como México, las decisiones son complicadas debido al problema que hay en aspectos como la materia prima (saber cuál sería la adecuada para generar un biocombustible), la innovación en tecnología y modernización de instalaciones, costos de inversión, operación y que

<sup>61</sup> Serna, Fabiola; Barrera, Luis; et al. "Impacto social y económico en el uso de biocombustibles", *Journal of Technology Management & Innovation*, Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Economía y Negocios;, Volume 6, No. 1 (2011): 102.

los empresarios y el gobierno mexicano estén dispuestos hacer negocios e inversiones redituables a largo plazo; esto es difícil ya que hoy en día es extraño encontrar una postura de una inversión y desarrollo a largo plazo en innovaciones tecnológicas.

Los biocombustibles muestran tener condiciones económicas favorables y grandes beneficios ambientales y económicos para los países que no tienen pozos petroleros o que importan petróleo; la gran gama de opciones en biomasa y procesos les ofrecen la oportunidad de convertirse en productores eficientes de alguna materia prima como la caña de azúcar o el maíz, para que la producción de biocombustibles sea benéfica y viable.

En el caso de Brasil los beneficios han sido muy grandes gracias a las tecnologías que permitían producir bioetanol y la caña de azúcar como biomasa primordial, convirtiéndolo en un país que ha sido considerado como principal productor a nivel mundial respecto a este biocombustible.

En este contexto hay retos que enfrentan los gobiernos de países en desarrollo para invertir en biocombustibles, como la decisión de sustituir actividades de cultivo que van dirigidas para la industria alimentaria ahora pasen a ser direccionadas para lo biocombustibles, sin embargo, esto afectaría otros sectores e incluso traería riesgos alimentarios para la población; no obstante, hoy en día es necesario poner en práctica este tipo de investigaciones para mitigar riesgos ambientales como el agotamiento de materias primas como el petróleo.

Gobiernos de países en desarrollo como México, necesitan valorar cuidadosamente los beneficios económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles, sobre todo el potencial que éstos tienen para mejorar la seguridad energética. Finalmente para dar paso a la maximización de oportunidades y ventajas en el país sobre este tema, es necesario realizar una vigilancia de biocombustibles en casos internacionales así como su evaluación técnica económica y su impacto ambiental, para generar información decisiva para la toma de decisiones sobre una propuesta viable de desarrollo. Hay que tener en cuenta que los principales problemas en el país respecto a este tema están relacionados con incrementos poblacionales que demandan mayores insumos, recursos y energía de los que se derivan grandes riesgos para la conservación de la naturaleza. Y justo una de las metas de los biocombustibles es ayudar a contrarrestar estos problemas actuales.

# Capítulo 3

## Marco Teórico

**E**n este capítulo se presenta la teoría administrativa que se relaciona con la vigilancia de los desarrollos tecnológicos de una organización; asimismo, como parte introductoria a la teoría se menciona brevemente el desarrollo científico y tecnológico que se ha suscitado en el siglo XXI como bosquejo histórico de los avances e innovaciones que han dado nacimiento a una dinámica competitiva entre los países y se presenta el concepto de sustentabilidad como parte de la transformación del paradigma que la innovación tecnológica ha presentado.

Adicionalmente se señalan y se explican técnicas de inteligencia tecnológica competitiva como parte de la gestión tecnológica que muchas organizaciones llevan a cabo para ser competitivas en un área o mercado específico, tales como el monitoreo tecnológico con el que se realiza la vigilancia en materia de biocombustibles; una vez teniendo el panorama de esta tecnología se realizan evaluaciones técnico, económico y ambientales sobre los proyectos que ya se encuentran desarrollados a nivel internacional así como de las experiencias que han tenido para observar las ventajas y desventajas en ellas y poder seleccionar la propuesta más viable para México. Finalmente, para habilitar o impulsar un proyecto, es importante saber el tipo de protección industrial que éste tiene o debe tener para que en un debido caso por medio de una patente se proteja la innovación o en su caso si ya se encuentra patentada entonces proponer licencias y transferencia tecnológica.

### **3.1 El desarrollo científico y tecnológico del siglo XXI**

En la primer década del siglo XXI en el mundo se vivió una profunda transformación, no sólo mediante innovaciones tecnológicas industriales en la producción de bienes y servicios, sino también por la cultura, los usos y costumbres modernos que han surgido en nuevas generaciones; esta transformación que comenzó en las últimas décadas del siglo XX, se caracterizó por la intensa generación de conocimiento, el cual se convirtió en el verdadero factor de producción en el mundo, forjando cambios micro y macroeconómicos así como modernas concepciones culturales y actitudes que hoy en día vive la



población. De igual forma comienzan a surgir importantes progresos en el conocimiento técnico y científico en nuevas áreas tecnológicas, las cuales favorecieron a una ardua y constante competencia e innovación en tecnologías y procesos productivos industriales convirtiéndolos en pilares del desarrollo global; Como experiencia en el escenario mundial se ha mostrado que los países ricos han basado su crecimiento económico en el perfeccionamiento y creación de tecnologías causando una sobreexplotación del medio ambiente; sin embargo, hoy en día también éstas se han transformado ya que ahora buscan la sustentabilidad de sus materias primas como medida de prevención y planeación de su crecimiento a largo plazo.

A causa del gran impulso que ha tenido la tecnología en el desarrollo socioeconómico mundial, el planeta se encuentra en continua tensión; a pesar de los avances y progresos que se han vivido, desafortunadamente también ha aumentado la brecha social y económica que existe entre los países más ricos y desarrollados con aquellos que luchan por alcanzar un desarrollo estable.

En este esquema de capitalismo, surgen la iniquidad e inequidad como consecuencia de la usura y acumulación de riquezas en muy pocas manos, producto de los esquemas económicos de los últimos treinta años en los que el desarrollo económico mundial se ha basado en el acelerado desarrollo de la ciencia y la tecnología, pero sin considerar, que el objetivo primario del desarrollo tecnológico es el bienestar de la humanidad.

Actualmente, en términos tecnológicos, es mediante el "*Know-how*" de las empresas y en general, de las organizaciones, que se aporta mayor e inmediato valor en la cadena económica a partir de tecnologías emergentes que representan nuevos y significativos desarrollos en un determinado campo. En este siglo algunos ejemplos de áreas del conocimiento en las que se han realizado innovaciones constantes, son las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la nanotecnología, y la biotecnología. Estas nuevas áreas de conocimiento han generado nuevas plataformas tecnológicas en las industrias, es decir la aplicación de un conjunto de tecnologías que dan respuesta a problemas de un sector en concreto; un aspecto fundamental que poco a poco se ha adoptado en el siglo XXI en las plataformas tecnológicas industriales es que deben tener como base procesos sustentables para la conservación de los recursos del planeta, para lo cual, el reto es la generación de conocimientos adecuados para poder llevarlas a cabo.

Respecto a lo anterior, Dahlman menciona que: "la discusión se centra en el hecho que el poder económico y social del nuevo milenio será el conocimiento

aunado a su apropiación social y explotación económica con procesos sustentables, en una *economía del conocimiento*<sup>62</sup>.

Es por ello que en el siglo XXI, los paradigmas tecno-económicos mundiales se centran en la combinación sinérgica de cuatro principales áreas de la *ciencia y tecnología*, “NBIC (nano-bioinfo-cogno), cada una de las cuales experimenta en la actualidad un acelerado progreso y beneficios económicos aunados al cuidado ambiental: a). Nanociencias y nanotecnología; b) *Biotecnología* y biomedicina incluyendo la ingeniería genética y ciencias “ómicas” ; c) Tecnologías de la información incluyendo los avances en computación y comunicaciones; y d) Ciencias de la cognición incluyendo las neurociencias cognitivas y los avances en inteligencia artificial<sup>63</sup>.

De las anteriores, dentro la biotecnología una de sus principales áreas con mayor inversión y desarrollo es la de los biocombustibles o bioenergéticos, a consecuencia de los problemas de agotamiento que se han mencionado sobre el petróleo y porque la energía y los combustibles son parte fundamental en el desarrollo de la industria mundial, del comercio y los *negocios internacionales*.

### **3.2 Economía del conocimiento**

Desde que la humanidad apareció en el mundo y aprendió a sobrevivir comenzó a convertir su aprendizaje en conocimiento, el cual se ha transmitido de generación en generación. De manera que el conocimiento existe desde el principio de la historia humana, es acumulativo, dinámico y se transforma constantemente.

Esto puede ser percibido desde las primeras sociedades agroindustriales y artesanales donde existían conocimientos científicos y tecnologías básicas de producción agropecuaria y alimentaria tales como las requeridas para la producción y conservación de vinos, quesos y otros alimentos. Mientras que en la economía agrícola el recurso principal era el conocimiento sobre la tierra posteriormente en la economía industrial se centró en el manejo del capital físico y con él se dieron cambios internacionales mediante “el control del vapor como fuente de energía y la aparición de las máquinas en la Revolución Industrial en Gran Bretaña y en el resto de Europa a principios del siglo XIX se incrementaron

---

<sup>62</sup> Dahlman, C., “The Challenge of the Knowledge Economy for Latin America”, *Globalization, Competitiveness and Governability Journal*, No. 1 (2007): 18-44.

<sup>63</sup> National Science Foundation USA. “Report Managing Nano-Bio-InfoCogno Innovations: Converging Technologies in Society”. M. Bainbridge and M Roco (eds), (Springer. Nederland, 2006).

sustancialmente los niveles de producción dando origen a una nueva economía industrial basada en el conocimiento”<sup>64</sup>.

Comenzaba a ser evidente que el saber implicaba crecimiento y desarrollo económico ya que conlleva la capacidad de mejorar los productos existentes, crear o innovar para que en consecuencia las organizaciones y/o los países pudieran ser más competitivos que otros al tener acceso y dominio de nuevos mercados. Por ende, el conocimiento se había convertido en el recurso estratégico económico por excelencia.

Al respecto Alfred Marshall en sus Principios de Economía señala que “el conocimiento es el factor de producción que valoriza, por encima de los otros factores clásicos, la creación de bienes y servicios o la transformación económica”<sup>65</sup>. Es con él cuando se comienza a manejar el concepto actual de la economía del conocimiento. Años después Godin señala que hubo estudiosos en el tema que hacían cada vez más evidente este factor estratégico:

En los años sesenta por Polanyi y Machlup, mientras que desde mediados de los años noventa el concepto de economía del conocimiento se generaliza en torno a los trabajos publicados por la OCDE y, en particular, por los trabajos realizados por Foray y Lundvall<sup>66</sup>.

Por ende, para dominar nuevos mercados se requiere del desarrollo de nuevos productos y por lo tanto de nuevo conocimiento. Al respecto Peter Drucker asienta que en la actual sociedad y economía “el verdadero recurso dominante y factor de producción de riqueza absolutamente decisivo ya no es ni el capital, ni el trabajo, ni la tierra (los recursos naturales), sino el conocimiento”<sup>67</sup>.

Como se puede apreciar, el conocimiento, como factor de producción es un elemento clave del funcionamiento económico actual y, por lo tanto, la evolución de nuevas formas de conocimiento tiene como resultado la creación de innovaciones tecnológicas que impactan a la humanidad. Por ello, a inicios de los años noventa del siglo XX, se adoptó el concepto de “*economía del conocimiento*” a nivel internacional, para demostrar el interés que demostraban varios países por

---

<sup>64</sup> Machlup, Fritz, *The production and distribution of knowledge in the United States* (Princeton: Princeton University Press, 1962): 9.

<sup>65</sup> Marshall, Alfred, *Principles of Economics* (Londres: Mac Millan and Co., 1890).

<sup>66</sup> Godin B., *The Rise of Innovation Surveys: Measuring a Fuzzy Concept*, Project on the History and Sociology, *STI Statistics*, No. 16, Communication presented at the International Conference in Honour of K. Pavitt “*What We Know About Innovation*”, SPRU, University of Sussex, Brighton UK; (November del 2003): 13-15.

<sup>67</sup> Drucker, Peter, *Para entender la sociedad del conocimiento: La sociedad del conocimiento*, Universidad APEC, Colección UNAPEC por un mundo mejor (UNAPEC, 2005): 13.

la creación y desarrollo del mismo dirigido principalmente a temas como la economía, las artes, la guerra, las estrategias políticas y, sobre todo, la innovación tecnológica.

Esta concepción, le dio a la tecnología un papel muy importante en la reestructuración económica de los países, los cuales reconocieron que para tener crecimiento sostenido requerían de altas inversiones en tecnologías.

Finalmente, se puede decir que la nueva tecnología es el resultado del vínculo del conocimiento científico y tecnológico previo, y que por lo tanto en los últimos años él se ha revalorado como factor clave en la producción y generación de riqueza, creando plataformas tecnológicas muy diferentes pero a la vez complementarias durante cada etapa de la historia de la sociedad

### **3.3 Administración e innovación tecnológica como factores de cambio y competencia en el mundo**

Como se ha mencionado a lo largo de la historia, la sociedad ha sufrido constantes transformaciones generadas por las actividades que el ser humano ha desarrollado, desde la aparición del fuego hasta las revoluciones industriales<sup>68</sup>, la fuente de cambio ha sido la satisfacción de las diversas necesidades que ha tenido respecto al tiempo y a los espacios en los que se ha encontrado.

El conocimiento generado y usado por la sociedad para sobrevivir se ha manifestado mediante máquinas, procesos, artefactos, dispositivos, aparatos y sistemas, los cuales comúnmente reciben el nombre de “tecnología”, la cual es definida por Antonio Hidalgo como “el medio para transformar ideas en productos o servicios permitiendo, además, mejorar o desarrollar procesos (...) y la capacidad de sistematizar los conocimientos para su aprovechamiento por el conjunto de la sociedad”<sup>69</sup>.

---

<sup>68</sup> Se debe entender a las Revoluciones Industriales como dos procesos de transformaciones tecnológicas llevados a cabo por la industria; la primera del año 1750 hasta 1840, y la segunda de 1880 hasta 1914 en Reino Unido pasando después a gran parte de Europa y Norte América.

<sup>69</sup> Nuchera, Antonio Hidalgo, “La gestión de la tecnología como factor estratégico de la competitividad industrial”, *Economía Internacional*, No. 330, Vol. VI (1999): [En línea] <http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/330/08ahid.pdf> (Consultado el 28 de mayo del 2015).

La tecnología ha servido para satisfacer las necesidades básicas de la sociedad, tales como conservar o producir alimentos, posteriormente, además de las tecnologías alimentarias se desarrollaron aparatos para áreas como la salud, procesos industriales, servicios y muchas otras, logrando así, poco a poco mayor bienestar y progreso en la humanidad; sin embargo, también se comenzaron a generar adversidades, competencia entre las organizaciones y desventajas a lo largo de las distintas épocas de la historia humana, sobre todo en tiempos de guerra.

Definir, y más aún entender, lo que significa la palabra "tecnología", es muy complejo, ya que depende del punto de vista y del marco disciplinario de análisis, así como del contexto y del momento histórico puesto que no presenta el mismo significado en el presente que en el pasado. Además, el concepto *tecnología* tiene que ver con diferentes aspectos sociales, culturales, políticos y varía según el punto de vista del analista. Al momento ya fue presentada una definición a la que Winner complementa exponiendo que "en los siglos XVIII y XIX, la palabra *'technology'* tuvo un sentido estricto y limitado en función de las artes prácticas y no el conjunto increíblemente variado de fenómenos, herramientas, instrumentos, máquinas, organizaciones, métodos, técnicas y sistemas"<sup>70</sup>. Por ello, se considera que no es posible limitar a una sola definición a la tecnología, ya que por un lado, esta palabra puede dar referencia a *objetos* como los aparatos, herramientas, dispositivos, instrumentos, máquinas, artefactos, armas, todos ellos en una gran variedad de modelos, formas y funciones; y por el otro, también puede indicar todo un cuerpo de *actividades técnicas* tales como habilidades, métodos, procedimientos, y las rutinas que emplea la gente para la realización de tareas.

Y el concepto aún se vuelve más complejo cuando se enlaza con una palabra bastante común en este tema, que es la de "innovación" la cual tiene que ver con los cambios, desarrollos, usos, mejoras y progresos que experimente la tecnología, mediante la cual se está en una constante competencia y búsqueda por mejorar la calidad de vida de los individuos, la operación y la eficiencia de las organizaciones, e inyectar recursos monetarios a la economía. Al respecto Jasso señala que:

La innovación tecnológica abarca los avances en el conocimiento y en la introducción y difusión de productos y procesos nuevos o mejorados en la economía. Constante introducción de cambios o mejoras en productos y en procesos o de modificaciones profundas en las técnicas de producción o, más aún, en la creación de nuevas ramas económicas. La innovación tecnológica es la transformación de una idea, ya sea en un producto nuevo o mejorado, el que se

---

<sup>70</sup> Winner, L., *Tecnología Autónoma* (Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1979).

introduce en el mercado o ya sea en un proceso operacional que se adopte en la industria y en el comercio<sup>71</sup>.

Es importante tener presente que “la innovación tecnológica es diferente al invento ya que éste último es una idea, un esbozo o un modelo para un dispositivo, producto, proceso o sistema nuevos o perfeccionados; estos inventos pueden estar a menudo patentados, pero no conducen necesariamente a innovaciones técnicas”<sup>72</sup>. Por lo que no todos los inventos son innovaciones ya que es requerido que éstos sean utilizados en el mercado.

En este contexto, la innovación tecnológica tiene como principio un conocimiento o ideas en constante cambio en búsqueda de crear dispositivos tangibles y mejorados que en principio contribuyan a optimizar la vida diaria de los seres humanos, sin embargo esto parece no ocurrir y actualmente sin importar la calidad o utilidad del producto, entre los países y organizaciones se han tomado como factores económicamente competitivos que únicamente luchan por acaparar mercados y ganancias económicas.

Es por ello que uno de los rasgos relevantes en torno a la dinámica competitiva internacional se asocia con la innovación tecnológica, no obstante, así como el conocimiento, la innovación tecnológica en el desarrollo económico tampoco es nueva, lo que parece reciente es que los avances teóricos y empíricos muestran que la innovación es cada vez en mayor medida e importancia el resultado de la cooperación, la coordinación y la competencia que se presentan entre empresas e instituciones.

En la última década, el papel que ha jugado la ciencia, la tecnología y la innovación con la construcción social en el mundo ha sido un tema complicado e incluso impreciso, ya que han sido influenciados por diversos aspectos que van desde los intereses políticos, el mercado, los grupos de consumidores hasta la misma mercadotecnia, entre muchos otros.

Aunque las organizaciones y empresas de un país innovan en un sentido que como Shumpeter refiere “a través de ajustes endógenos para la creación de nuevos productos, servicios y mercados para el beneficio social”<sup>73</sup>, últimamente no es así, ya que la perspectiva de este fenómeno es puramente económica, por lo que la innovación, se presenta como el motor del desarrollo y del progreso para muchas organizaciones y gobiernos, encontrándose bajo una dinámica de constante cambio y de intensa competencia internacional; es primordial mencionar

---

<sup>71</sup> Jasso, Javier; “Relevancia de la innovación y de las redes institucionales”, *Aportes*, Vol. VIII, No. 025, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México (2004): 9.

<sup>72</sup> Freeman, Ch., *The Economics of Industrial Innovation* (Harmondsworth, Middlesex, Inglaterra: Penguin Books Ltd).

<sup>73</sup> Schumpeter, J. A., *The theory of economic development* (New Brunswick: Transaction Publishers, 2004).

que incluso ahora muchas organizaciones y países hacen sus ajustes en innovación tecnológica vigilando el entorno exógeno similar al de la organización con el objetivo de ubicarse ante la competencia, mejorar y estar preparados para cualquier contingencia en su ambiente externo.

Por esta razón, la innovación tecnológica ha sido considerada como un factor estratégico de cambio y desarrollo económico, que desde la época de Joseph Schumpeter fue señalada en una de sus obras literarias clásicas "*La teoría del desarrollo económico*" publicada en 1911 en el que se menciona "que el desarrollo económico es la derivación del desequilibrio dinámico producido por el empresario innovador (...) y que el desarrollo, (tal como lo entiende Schumpeter), surge de la producción de nuevos bienes o de los mismos por métodos distintos; estos cambios no se dan por pequeños ajustes sucesivos en la tecnología, sino por transformaciones e innovaciones importantes y discontinuas"<sup>74</sup>.

Aunado a lo anterior, en la "*Teoría del desenvolvimiento económico*" Schumpeter señala que dentro de las innovaciones, las de mayor importancia son las radicales "que son aquellas capaces de provocar cambios "revolucionarios", transformaciones decisivas en la sociedad y en la economía, introducir nuevos bienes de consumo en el mercado, el surgimiento de un nuevo método de producción y transporte o la generación de una nueva fuente de oferta de materias primas"<sup>75</sup>. Todos estos factores en conjunto son la causa que revoluciona incesantemente la estructura económica en un país, creando competencia y bienes y servicios nuevos.

Por su parte, Drucker define la innovación como: "el acto que dota a los recursos con una nueva capacidad para crear riqueza; la innovación, de hecho, crea un recurso; no hay cosas tales como un recurso hasta que el hombre encuentra un uso para algo en la naturaleza y por lo tanto lo dota con un valor económico; hasta ese momento, cada planta es una maleza y cada mineral tan sólo otra roca"<sup>76</sup>.

---

<sup>74</sup> Vega, Leonardo, *Innovación y competitividad*, Revista de Antiguos Alumnos del IEEM, *Hoy&Ayer* (2001): 73 [En línea] [http://socrates.ieem.edu.uy/wp-content/uploads/2011/10/hoy\\_ayer.pdf](http://socrates.ieem.edu.uy/wp-content/uploads/2011/10/hoy_ayer.pdf) (Consultado el 28 de mayo del 2015).

<sup>75</sup> Schumpeter, Joseph, *Teoría del desenvolvimiento económico*, Quinta reimpresión (México: Fondo de Cultura Económica, 1978): 72.

<sup>76</sup> Drucker, P.F., "Innovation and Entrepreneurship (practice and principles)" (1985) [En línea] <http://rube.asg.org/innovation-group/2013/06/book-review-innovation-and-entrepreneurship-practice-and-principles.pdf> (Consultado el 2 de febrero del 2016).

Asimismo, concuerda con que “la innovación es una cuestión económica, no técnica, y que no es un `destello de ingenio`, sino, una disciplina sistemática, organizada, administrada y rigurosa que está en constante cambio”<sup>77</sup>.

Por lo que hoy en día para competir en los mercados se requiere que el nuevo conocimiento sea sistemático, organizado y administrado estratégicamente para *innovar* en el desarrollo de *productos o procesos tecnológicos*. Al respecto Medellín señala:

La innovación tiene un universo y un impacto en esencia económico y comercial, acorde con una perspectiva gerencial y de negocios. Esto implica que, si los procesos de innovación pueden organizarse, sistematizarse, hacerse más eficientes y eficaces, entonces son procesos que pueden ser administrados, y en ello radica uno de los aspectos centrales de la administración o gestión de la tecnología <sup>78</sup>.

En otras palabras, si el proceso de innovación puede organizarse, sistematizarse, hacerse eficiente y eficaz, entonces éste se puede administrar y requiere de personal que pueda ser capaz de competir en todas las actividades del proceso, desde la vigilancia tecnológica pasando por las inversiones correctas, hasta la producción de tecnología llevada a cabo por el sector empresarial e industrial.

Al respecto, en *International Journal of Technology Management* se señala que “desde finales de los ochentas, se tuvo un consenso en el desarrollo y la implantación de nuevas tecnologías, no solamente a lo referente en los avances en las ciencias y la ingeniería, sino también en los recursos humanos y su desarrollo, a las cuestiones asociadas a la disponibilidad de materias primas, a la estrategia, a los aspectos de factibilidad técnico-financiera y al entorno competitivo”<sup>79</sup>

En la práctica, llevar a cabo innovación tecnológica requiere de interdisciplinariedad ya que se requieren conocimientos de varias ciencias como la ingeniería (fondo) y aunque no sea creíble también de la administración (forma) con el fin de realizar la planeación, el desarrollo y la implantación de las soluciones tecnológicas buscando contribuir con el mejoramiento y la competencia de áreas económicas que lo requieran, como es el caso del sector energético.

---

<sup>77</sup> Drucker, P.F., *La gerencia en la sociedad futura* (Colombia: Grupo Editorial Norma, 2002): 93.

<sup>78</sup> Medellín Cabrera, Enrique, *Construir la innovación: gestión de la tecnología en la empresa*, Primera Edición, Fundación de Educación superior-empresa (Siglo XXI Editores, 2013): 9.

<sup>79</sup> Task Force reports, “Management of Technology”, *International Journal of technology Management*, Vol. 2, No. 2 (1987): 304.



Entonces, para poder producir tecnología hay que planificar, evaluar, organizar y ejecutar proyectos de manera estratégica y efectiva a través de la administración tecnológica.

Lamentablemente, para llevar a cabo esto en México se presentan varios retos: (a) la administración de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación es marginal; (b) desde hace más de cuatro décadas, el Estado ha venido promoviendo intensamente un sistema de importación de tecnología que da “confort y comodidad”; (c) del punto anterior se deriva que el país se haya convertido en gran parte en manufacturero y maquilador de empresas internacionales; (d) no se han consolidado ni preocupado por las demandas señaladas en los planes nacionales de desarrollo y parecen ser de nulo interés para la generación de nuevos campos tecnológicos e industriales como la biotecnología, la nanotecnología, los nuevos materiales entre otros.

Para dar respuesta a las nuevas demandas sociales así como a los conflictos existentes respecto a la sustentabilidad de materias primas y dotar de infraestructura competitiva a la industria del país, es necesario realizar una transformación estructural por parte del Estado, además de promover una administración tecnológica que sea eficaz y eficiente con los proyectos de innovación tecnológica.

El fenómeno de cambio tecnológico ocurre tan rápido que aún no se termina de asimilar la última tecnología y ya aparece una nueva. Por esa razón, la habilidad que tenga México para administrar y establecer tecnologías modernas de manera eficiente y controlada, tendrá un gran impacto en su grado de competitividad y optimización, en específico de la industria del petróleo. Por lo tanto, si los mercados se tornan competitivos y se requiere insertarse en ellos es necesaria la innovación tecnológica que con ayuda de la administración, actores económicos como el Estado, las empresas e organizaciones nacionales pueden optimizar sus áreas industriales.

La administración y planeación de proyectos debe considerar que los ciclos de vida de los productos son cada vez más cortos y que las materias primas están cada vez más escasas, debido al crecimiento que la población mundial ha experimentado. Por lo tanto, para desarrollar conocimientos científicos y tecnológicos que respondan a las necesidades sociales, hoy en día se debe considerar la sustentabilidad del medio ambiente como un compromiso que se derive por parte de ellos.

Al respecto, en una entrevista realizada a Serge Latouche, él afirma y advierte que el modelo económico actual que no considera prioritaria la sustentabilidad del medio ambiente conduce directamente a un decrecimiento:

El crecimiento económico europeo, según el PIB, es de un 2% cada año, no parece tanto...Crecer un 2% anual sobre la ya altísima cota de producción y consumo europea ¡es muchísimo! los recursos son limitados. Explotaremos más bolsas de petróleo. y queda menos petróleo cada día; además su explotación es cada día más costosa. Dentro de unos quince años un barril costará 400 dólares. ¿Qué entiende por espacio bioproductivo? Es el espacio que nos surte de alimentos, energía, recursos: el planeta tiene 51,000 millones de hectáreas, de las que 12,000 millones son bioproductivas. ¡de ellas dependemos todos los habitantes del planeta!...Dada la actual población de la Tierra, cada año deberíamos sostenernos con 1.8 hectáreas de ese espacio bioproductivo; pero simplemente el actual nivel de vida de los españoles necesita ¡4.5 hectáreas por persona/año! ¡Harían falta dos planetas y medio!; Si quisiéramos vivir como los franceses, serían necesarios tres planetas y como los estadounidenses, ¡seis planetas!. En conclusión, de seguir creciendo al 2% anual, en el año 2050 la humanidad necesitaría ya explotar ¡30 planetas como la Tierra para sostener tal crecimiento!, a lo que es necesario la sustentabilidad para el desarrollo de cualquier proyecto de cualquier índole. Ahora consumimos el patrimonio acumulado por la Tierra en miles de años, es decir, hoy quemamos en un año lo que la fotosíntesis tardó 100,000 años en producir<sup>80</sup>.

Si las cosas son tal y como se muestran, el planeta peligra, por lo que es necesario desarrollar innovaciones tecnológicas sustentables con ayuda de herramientas y enfoques administrativos.

Es así que para la incursión del país en los nuevos mercados y tendencias tecnológicas como la biotecnología se establezcan planes y objetivos, donde se evalúen continuamente proyectos competitivos y sustentables, brindando apoyo para su logro. Esto implica administrar la integración y organización de los recursos disponibles y proponer su ejecución.

Finalmente, hay que mencionar que un componente inevitable en la administración de cualquier modelo vinculado al fenómeno de la innovación es el manejo de la incertidumbre; ésta se transforma en riesgo en tanto se afectan recursos en un proceso innovador; es decir, la incertidumbre en costos e ingresos le restan convencimiento e impulso a la innovación, lo cual, es económicamente racional; es decir, el inversionista (público o privado) no tiene una cultura de emprendimiento e impulso a nuevas tecnologías o negocios si no son redituables en corto plazo o si éstas tienen incertidumbre económica de por medio; lo que provoca que comiencen a poner barreras desde el punto de vista financiero, es decir, el riesgo no les permite ser, tal vez, innovadores y competitivos.

---

<sup>80</sup> Amela, Víctor M., "Entrevista a Serge Latouche en Defense del decrecimiento"; en Raúl Olmedo, *Para comprender a México I ¿Crecer o decrecer? Megatendencias* (México: UNAM, 2009): 140-142.

En México, a pesar de los esfuerzos por reducir la incertidumbre en una inversión tecnológica, ésta siempre permanece, lo que reduce significativamente el desarrollo esperado en proyectos innovadores. Por esta razón, una de las tareas necesarias del Estado es convertirse en promotor que motive adecuadamente a los empresarios e inversionistas para llevar a cabo proyectos de innovación tecnológica sustentables aunados a una administración estratégica para el desarrollo del país.

### **3.4 Sustentabilidad**

Como se ha mencionado la innovación tecnológica es un elemento importante para el desarrollo social y económico de manera que ha sido un punto central de las políticas públicas desde inicios del siglo XX, sin embargo, el desarrollo de la tecnología anteriormente buscaba sólo producir beneficios sociales, políticos y económicos sin preocuparse específicamente en contribuir con la sustentabilidad tanto en estas áreas como para el medio ambiente.

El concepto de sustentabilidad ha sido una plataforma para plantear varias interpretaciones que enfatizan aspectos como el bienestar, los límites sobre el desarrollo, las condiciones a futuro de los recursos naturales, y la satisfacción simultánea de metas relacionadas con la eficiencia económica, la protección ambiental y la justicia social; a partir de estos aspectos, actualmente un desarrollo sustentable podría conceptualizarse considerando que, “un área o región se desarrolla de manera sustentable cuando su capital natural, humano y el hecho por el hombre, así como su bienestar, no declinan con el tiempo”<sup>81</sup>.

Esta noción emerge en el contexto de la globalización y toma fuerza en las últimas décadas del siglo pasado para marcar un límite que reorienta a comprender que cualquier tipo de desarrollo debe centrarse también en el cuidado y preservación del medio ambiente y no sólo en los índices económicos, políticos y sociales; el punto de partida fue la amenaza del agotamiento de materias primas y daño ambiental que tanto los países como las empresas multinacionales tenían consciente que la sobreexplotación giraba en contra suya en materia de recursos, es entonces que comenzaron a preocuparse por generar acciones para contrarrestar una posible falta de ellos; hoy en día el desarrollo tecnológico y crecimiento económico está enlazado con la sustentabilidad económica y ambiental ya que las materias primas son la base de la producción industrial y la

---

<sup>81</sup> Briassoulis, H., "Sustainable Development and its Indicators: Through a (Planner's) Glass Darkly", *Journal of Environmental Planning and Management*, No. 44, Vol. 3 (2001): 409–427.

sociedad debe hacer uso consciente y responsable de sus recursos, sin agotarlos o exceder su capacidad de renovación para no comprometer el acceso a éstos a las generaciones futuras, no obstante, se busca seguir teniendo actividades económicamente rentables y éticamente justas, regidas por criterios de responsabilidad social y medioambiental.

Es así que “el desarrollo sustentable se ha convertido en el referente casi obligado al que se ha sumado la mayoría de las naciones y sus gobiernos; este paradigma se legitimó, oficializó y difundió ampliamente a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo”<sup>82</sup>, llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, conocida como "Cumbre de la Tierra". Al respecto el Calvente menciona que:

En el año 1992 se celebra en Río de Janeiro The Earth Summit donde se consolida la acción de las Naciones Unidas en relación con los conceptos relacionados con el medioambiente y el desarrollo sustentable. De dicha conferencia se acuerdan 27 principios relacionados con la Sustentabilidad que se materializan en un programa mundial conocido como Agenda 21. Luego de estas acciones concretas comenzó a explotar una conciencia global acerca de la importancia de esta temática y así se crearon decenas de consejos consultivos, organismos, asociaciones, investigaciones, desarrollos e innovaciones tecnológicas relacionadas con la sustentabilidad.<sup>83</sup>

La Agenda 21 es un marco de referencia para normar el proceso de desarrollo acorde con los principios de la sustentabilidad. De esta forma, el desarrollo sustentable ha pasado a ser una expresión que no debe faltar en los discursos políticos y en el impulso de innovaciones tecnológicas.

Uno de los paradigmas del contexto actual aunado a la innovación tecnológica es el desarrollo sustentable, entendido como el crecimiento económico, social y ambiental en el que no se compromete el futuro de los recursos naturales, en él se promueve un uso racional de ellos buscando seguir generando ganancias y maximizando beneficios. En este sentido, el desarrollo sustentable es una evolución del antiguo concepto de desarrollo, pues no solo contempla el progreso económico y material, sino que lo plantea en equilibrio con el bienestar social y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. De este modo, concilia los tres ejes fundamentales de la sustentabilidad: lo económico, lo ecológico y lo social.

---

<sup>82</sup> Ramírez, A., Sánchez, J., & García, A. (2004, junio-diciembre). “El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis”. *Revista del Centro de Investigación Universidad La Salle*, vol. 6: pág.56

<sup>83</sup> Calvente, Arturo, “El concepto moderno de sustentabilidad”, *UAIS*, Centro de altos estudios globales (2007) [En línea] <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf> (Consultado el 24 de febrero del 2016).

Al respecto, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo organismo rector mundial en términos de medio ambiente en un informe denominado “Nuestro futuro común” o también conocido como “informe Brundtland”, en 1987 señaló que: “la sustentabilidad es la equidad y cuidado ecológico, de las materias primas para beneficio económico y social, tanto para las presentes como para las futuras generaciones humanas”<sup>84</sup>.

Este concepto hace énfasis en la reconciliación entre el crecimiento económico, los recursos naturales y la sociedad, evitando comprometer la posibilidad de vida en el planeta, sin disminuir la calidad de vida de la especie humana.

Por otra parte, ProMéxico<sup>85</sup> establece que “la sustentabilidad se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrenta México en materia de desarrollo sustentable es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social”.<sup>86</sup>

Hoy en día, el vínculo que existe entre el desarrollo sustentable con la protección al medio ambiente y el desarrollo tecnológico es muy estrecho; la preservación ecológica y los avances tecnológicos se han convertido en algunas de las prioridades de los miembros de la comunidad internacional ya que el cuidado del ambiente es un tema que preocupa y ocupa a todos los países, asimismo se busca sustentabilidad social que implica pensar no solo en el acto de la transformación directa de la naturaleza, sino en todos los aspectos y esferas de la vida sociocultural, brindando equidad y mejor calidad de vida en la sociedad.

Es evidente que modelos de desarrollo, pasados y actuales, que no han tomado en cuenta al medio ambiente, traen consecuencias que se manifiestan inequívocamente en problemas de orden mundial como el cambio climático, la contaminación del aire, del agua, del suelo, la deforestación y la escases de materias primas como el petróleo.

---

<sup>84</sup> Cuervo, Luis Enrique, “Nuestro Futuro Común” (12 de Septiembre de 1997) [En línea] <http://www.sustainwellbeing.net/Espanol-/WCED.shtml> (Consultado el 26 de febrero del 2016).

<sup>85</sup> Por el que se ordena la constitución del Fideicomiso Público considerado Entidad Paraestatal denominado ProMéxico sectorizado a la Secretaría de Economía que entre sus funciones promueve y apoya la actividad exportadora y la internacionalización de las empresas mexicanas. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4990408&fecha=13/06/2007](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4990408&fecha=13/06/2007) Consultado el 26 de febrero 2016.

<sup>86</sup> ProMéxico, “Desarrollo sustentable y el crecimiento económico en México” (2014) [En línea] <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/> (Consultado el 26 de febrero del 2016).

En relación con el cambio climático, el impacto de los gases de efecto invernadero es cada vez más evidente. Por ejemplo, en el caso de México, el consumo de combustibles fósiles es el factor que genera en mayor medida dichos gases, situación que se ha ido agravado e incluso a mediados del año 2016 se implementaron restricciones ambientales para el transporte, situación que no se habían presentado antes; a estas limitaciones se les llamó el “hoy no circula” y todo por la falta de interés en innovaciones alternativas de combustibles para el transporte en la ciudad, no obstante, en general el atraso tecnológico en gran parte de la industria energética contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero.

Es por ello que la protección de los ecosistemas y su biodiversidad se han convertido en asuntos de Estado. Se debe entender a la sustentabilidad como un proyecto a largo plazo, si se toma conciencia de la importancia de la sustentabilidad en innovaciones tecnológicas seguramente se estarán salvando en gran parte a las generaciones futuras. La continua degradación ambiental que se llevó a cabo durante el último siglo provocó transformaciones importantes y hoy es hora de velar por las consecuencias; por ello, en esta investigación, los biocombustibles funcionan como una vía alterna y sustentable de la explotación que se le ha dado a un recurso natural como lo es el petróleo, buscando avanzar simultáneamente en dimensiones económicas, ambientales y tecnológicas.

### **3.5 Teoría contingencial**

La *teoría contingencial (TC)* desarrollada en administración de organizaciones y negocios internacionales concibe que las organizaciones funcionan como sistemas abiertos y su supervivencia se halla sujeta al logro de un equilibrio con el ambiente externo cambiante. Según este enfoque, la relación entre la organización y su entorno inmediato es de carácter adaptativo; de ello se desprende que el modelo óptimo de organización está sujeto al entorno con el que se relaciona. En ese sentido, se puede decir, que para que el país y las organizaciones mexicanas sean competitivas deben adaptarse y desarrollar tan pronto como sea posible las plataformas tecnológicas generadas en su ambiente externo si no quedará rezagado una vez más respecto al adelanto tecnológico mundial. El fundamento de la *TC* es saber cómo influye el medio ambiente externo en el funcionamiento de las organizaciones para tomar acciones encaminadas a que éstas sean más competitivas.

La teoría contingencial o también llamada de la contingencia relaciona las acciones administrativas apropiadas de una organización en una situación

determinada respecto a su ambiente externo, es decir, da prioridad a lo que ocurre fuera de la organización antes de indagar en los elementos internos de la estructura organizacional. Dicho enfoque busca un equilibrio entre ambos contextos, donde la organización busca obtener el mayor beneficio de sus circunstancias ambientales para garantizar competitividad e incluso ventaja respecto a sus semejantes.

La TC “surge a principios de los años 60 en Estados Unidos”<sup>87</sup> y aún hoy en día sigue siendo útil y potencialmente usada en la planeación estratégica tecnológica de organizaciones y empresas.

Para una mayor comprensión del tema, Espinoza parte de la definición de contingencia señalando a “toda variable externa, característica ambiental, factor circundante o fuerza influyente que afecta el diseño efectivo de la organización y a su comportamiento de forma, en principio no controlable directamente”<sup>88</sup>, es decir, por medio de una relación si (causa), entonces (efecto).

Por su parte, Morera señala a la contingencia como “algo incierto y eventual que puede suceder o no, suele representar una proposición cuya verdad o falsedad puede conocerse por la experiencia o por la evidencia y no por la razón”<sup>89</sup>. Es por esto que los teóricos de este enfoque afirman que los modelos organizacionales adecuados surgen cuando se conocen las características del entorno externo de la organización o empresa, así como de la propia experiencia, es decir hay que vivirlo para conocerlo y no a partir de consideraciones teóricas previas.

Al respecto, Guizar menciona sobre la TC que “se deriva de estructuras organizacionales más eficaces a los cambios que presenta el medio ambiente, por medio de la identificación de las variables que producen mayor impacto, donde su estructura y funcionamiento dependen de la adaptación e interrelación con el entorno externo”<sup>90</sup>.

Incluso se encuentran referencias de esta teoría en una de las más grandes investigaciones de Alfred Dupont Chandler, profesor emérito por la Universidad de

---

<sup>87</sup> Artículoz.com., “La importancia de la teoría de la contingencia” [En línea] <http://www.articuloz.com/administracion-articulos/la-importancia-de-la-teoria-de-la-contingencia-761666.html> (Consultado el 28 de febrero 2016).

<sup>88</sup> Campos Espinoza, Bueno, “Organización de empresas: estructura, procesos y modelos”, Primera Edición (Madrid: Ediciones Pirámide, 1996): 168.

<sup>89</sup> Morera Cruz, J., *Teorías Administrativas de Sistemas y Contingencia en la Administración Moderna* (2006): 8.

<sup>90</sup> Guizar Montufar, Rafael, *Desarrollo organizacional* (México: McGrawHill, 1999).

Harvard Business School, llamada "Strategy & Structure"<sup>91</sup> en la cual demostró, que hay empresas que adaptan su estructura a las contingencias externas como los constantes avances tecnológicos, y deduce que organizaciones norteamericanas como Du Pont, General Motors, Standard Oil Co. y Sears Roebuck estuvieron determinadas por las estrategias de mercadeo externo acaparando el ambiente y los desarrollos tecnológicos en estos últimos 100 años, explicándolo por medio de un proceso histórico. Es por ello que una de las principales contingencias son los avances y cambios tecnológicos, los cuales obligan a que las organizaciones estén en constante vigilancia de su entorno.

Por lo tanto, como parte de esta teoría, la tecnología funge como uno de los principales factores externos a la organización que se debe vigilar y tomar en cuenta como parte de un enfoque contingente. Por ello, debe buscar una relación entre las condiciones ambientales y las técnicas administrativas apropiadas para alcanzar progreso tecnológico y competencia económica como metas.

Lawrence y Lorsch trazan una serie de relaciones de correspondencia entre el comportamiento del entorno y las adaptaciones estructurales de las variaciones tecnológicas, así como el grado de compatibilidad entre las relaciones de las unidades organizativas y los entornos particulares; en resumen, el trabajo de Lawrence y Lorsch estudió "cómo las condiciones del mercado y tecnológicas determinan a los procesos organizativos en una institución"<sup>92</sup> y concluyen que la organización que mejor se adapte a las características del ambiente externo, es la que más cerca estará del *éxito*.

Con base en lo anterior, en esta investigación, se propone que a partir de las experiencias de los desarrollos tecnológicos sustentables generadores de nuevos mercados, el gobierno y organizaciones mexicanas se den cuenta que es necesario que en México se den transformaciones en los escenarios tecnológicos existentes sobre todo en industrias donde la materia prima está en constante agotamiento como es el caso de la producción de gasolinas fósiles.

Se puede lograr monitoreando y fomentando el campo de los biocombustibles buscando como metas una mayor sustentabilidad ambiental y competencia económica del país.

La aplicación de la *TC* no siempre es sencilla debido a que existen posturas muy extremistas en esta relación de conceptos, vinculadas a un darwinismo social

---

<sup>91</sup> Dupont Chandler, Alfred, *Strategy and structure: Chapter in the history of the american industrial Enterprise* (Michigan: First MIT Press, 1969): 2.

<sup>92</sup> Lawrence, Paul; Lorsch, Jay, *La empresa y su entorno*, Gestión e Innovación (Barcelona, 1987).



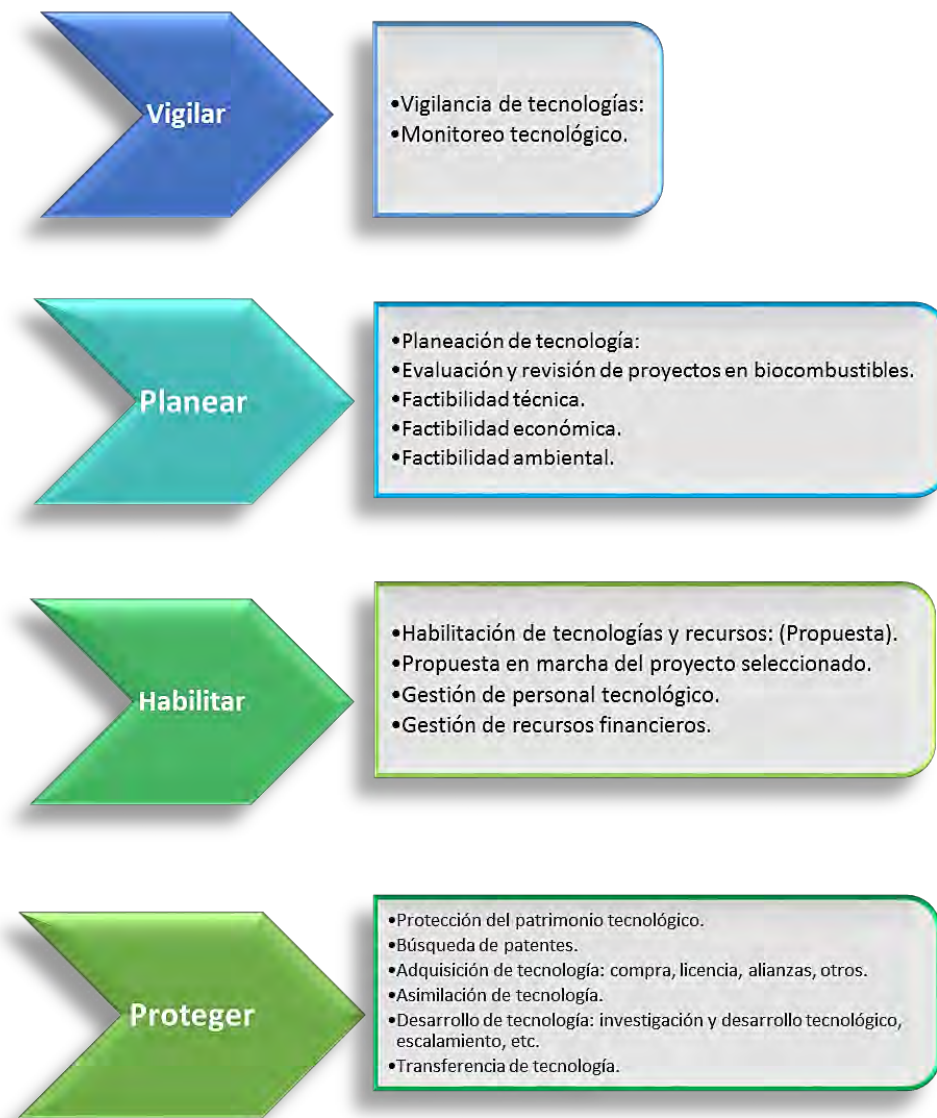
(donde sobrevive el más apto) y una relación determinista, donde la organización debe adaptarse o perecer. Se adhieren a esta línea conceptual el enfoque ecológico, que ampara al medio ambiente como árbitro optimizador de las relaciones competitivas y el enfoque tecnológico que es el que va a dar la competitividad económica en el mercado pero basado principalmente en la sustentabilidad ambiental.

Aplicando lo anterior a la investigación, es en el área de combustibles fósiles donde el petróleo se hace cada vez más escaso y la industria requiere de una transformación tecnológica cuidando a esta materia prima, y se consideran como contingencias y factores externos en específico a las innovaciones tecnológicas en biocombustibles que han sido desarrolladas a nivel internacional, entendiendo que es necesario proponer la construcción de estrategias y adaptación de esta tecnología en el país, con el objetivo de buscar ser competitivos en nuevos mercados y tener sustentabilidad con el petróleo.

### 3.6 Herramientas administrativas para planeación de innovaciones tecnológicas

Para llevar a cabo el objetivo de este trabajo, además de usar la Teoría Contingencial como referente, formarán parte del marco teórico las herramientas administrativas como el monitoreo tecnológico, la evaluación de proyectos y la propiedad intelectual que se desarrollan en los negocios para la toma de decisiones y planeación de innovaciones tecnológicas; éstas son propuestas en el Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación (ver Diagrama 1).

Diagrama 1. Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación.



Fuente: Premio Nacional de Tecnología e Innovación; "El modelo y sus funciones"; Tabla 2. [En línea][http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=45&Itemid=21](http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=21) Consultado el 2 de febrero 2016

### 3.6.1 Monitoreo tecnológico

Una de las herramientas más comunes y conocidas para realizar vigilancia sobre alguna innovación tecnológica en concreto es el monitoreo tecnológico, catalogado como una herramienta de gestión tecnológica complementaria y de la cual se hace referencia en la *Teoría Contingencial*; hoy en día es frecuentemente utilizado para proponer estrategias y tomar decisiones en una organización sobre sus progresos tecnológicos; mediante una vigilancia de un producto o incluso un proceso en específico que pudiese estar desarrollando en el *ambiente externo* de la organización, se aportan ideas para mejorar e incluso ser más competitivo en el mercado. A través del Monitoreo Tecnológico (*MT*) se obtiene información sobre los desarrollos e innovaciones que suscitan en torno a una tecnología en específico, con el fin de evaluar si es factible ambiental y económicamente el uso de estas innovaciones tecnológicas en un contexto y geografía en particular. Es de mencionarse que el *MT* forma parte de un proceso de *inteligencia tecnológica competitiva* y también es conocido como *vigilancia tecnológica*.

En esta investigación se propone llevar a cabo un monitoreo tecnológico mediante un programa llamado *Matheo Analyzer* aplicado a una de las más importantes bases de datos científicas llamada *Web of Knowledge* para hacer una vigilancia de los artículos, libros, revistas y patentes de biocombustibles, y mediante una red simétrica saber la tipología que se ha desarrollado en esta tecnología y así realizar la investigación documental sobre las características que los componen a cada uno para posteriormente poder evaluar esta información y hacer una propuesta sustentable para el sector energético mexicano.

Un elemento fundamental para llevar a cabo la vigilancia tecnológica es delimitar la tecnología en específico que se requiere monitorear ya que de otra forma es difícil realizar un análisis relevante puesto que no se sabe con certeza si una determinada invención está dentro o fuera del universo que se estudia. En un *MT* se puede analizar una tecnología en lo general, pero sus características específicas deben ser bien definidas con el fin de tener profundidad y claridad en el estudio.

En la actualidad, el país, la industria o la empresa que no logra tener una adaptación a la evolución de sus respectivos productos y tecnologías en los ciclos de cambio tecnológico, están destinados a enfrentarse a graves problemas de competencia económica así como dejar de ser preponderantes en decisiones políticas y sociales a nivel internacional.

Por ello es primordial estar al día respecto a las innovaciones tecnológicas; sin embargo, esto no es fácil ya que la competencia global va en aumento y día con día se van añadiendo nuevos competidores, además los ciclos de vida de las materias primas son cada vez más cortos por el nivel de explotación; por lo tanto, se considera que será muy valiosa la realización de un *MT* para que México desarrolle y produzca tecnología tomando como referente los resultados y experiencias de otros países respecto al desarrollo económico y a la sustentabilidad, en específico, con el petróleo.

Para comprender qué tan valiosa es esta herramienta, se complementará este apartado con otras definiciones; en el artículo *Technology intelligence: identification of technological opportunities and threats by firms* de Lichtenthaler señala que: “ un monitoreo tecnológico es uno de los procesos básicos e importantes en la gestión de la tecnología, lo que implica la adquisición, evaluación y comunicación de la información pertinente sobre las tendencias tecnológicas para apoyar las decisiones estratégicas tecnológicas y económicas de un país o una empresa”<sup>93</sup>.

Al respecto, *Mortara, Kerr, Phaal y otros* mencionan que el monitoreo tecnológico "es el proceso de gestión que proporciona a una organización la capacidad de capturar y entregar información para desarrollar una conciencia de las amenazas y oportunidades de una tecnología en específico y así tomar las decisiones pertinentes"<sup>94</sup>. Aunque esta definición es pequeña, resume, en principio, lo que se busca obtener en esta investigación.

Otra definición de *MT* un tanto más detallada se encuentra en la página oficial del *Premio Nacional de Tecnología e Innovación*, la cual señala que:

Es un proceso sistemático de identificación y evaluación de los avances tecnológicos que son críticos para reforzar las ventajas competitivas de las organizaciones. Permite identificar tendencias tecnológicas; oportunidades de negocio; socios estratégicos; tecnologías afines a la empresa. Así como investigadores, tecnólogos o colaboradores que podrían ayudarle a desarrollar e innovar tecnologías. Se conoce como alerta, vigilancia, inteligencia, o sistema de información tecnológica, entre otras denominaciones<sup>95</sup>.

---

<sup>93</sup> Lichtenthaler, E., “Technology intelligence: identification of technological opportunities and threats by firms”, *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, Vol. 2, No. 3 (2006): 289-323.

<sup>94</sup> Mortara, L; Kerr, C; Phaal, R; Robert, D., “ A toolbox of elements to build Technology Intelligence systems”, *Int. J. Technology Management*, Vol. 47 (2009): 323.

<sup>95</sup> Premio Nacional de Tecnología e Innovación, “Monitoreo Tecnológico” [En línea] [http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=48&Itemid=69](http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=69) (Consultado el 26 enero 2016).

Por lo tanto, en el *MT*, se busca tener elementos para definir las estrategias que deben usarse en el desarrollo de la plataforma tecnológica en una organización, así como descubrir amenazas y oportunidades potenciales en un determinado mercado mediante una anticipada identificación de las tendencias innovadoras de la tecnología.

Hoy en día un problema para el análisis de amenazas y oportunidades a partir de un *MT*, es el enorme volumen y la disposición de información que hay en todos los medios disponibles de divulgación, por ejemplo, se pueden obtener de las patentes, artículos científicos, revistas, periódicos y otras publicaciones. “Sin embargo, la clave para una inteligencia exitosa en tecnología no es tener grandes volúmenes de datos sino un conjunto preciso y bien delimitado de conocimientos basados en los datos *correctos* e información *pertinente* para la toma de decisiones”<sup>96</sup>.

Para dar inicio al monitoreo tecnológico, además de definir adecuadamente la tecnología que es objetivo a vigilar se deben supervisar indicadores sobre el ambiente externo competitivo para comenzar a tomar decisiones y estrategias que mejoren los recursos tecnológicos del país. Para efectos de esta investigación el monitoreo proveerá las características de los biocombustibles que se están desarrollando a nivel internacional, considerando factores técnicos, económicos y ambientales como los indicadores de viabilidad de desarrollo en el país, es decir que a partir de ellos se darán los resultados y las propuestas para apoyar la toma de decisiones.

Los indicadores de los biocombustibles son principalmente los procesos de los cuales ellos se originan y sus características, se observa si es posible cultivar o producir la materia prima requerida en los procesos para el desarrollo de éstos en México a grandes cantidades, sobre todo para poder proveer a la industria del transporte que es donde más se consume y así notar si ambientalmente puede ser una alternativa viable para el petróleo y económicamente competitiva en el mercado nacional e internacional.

---

<sup>96</sup> Mortara, L; Kerr, C; Probert, D; Phaal, R., *Technology Intelligence: Identifying threats and opportunities from new technologies* (Cambridge: University of Cambridge Institute for Manufacturing, 2007).

### **3.6.2 Evaluación y comparación de ventajas y desventajas en proyectos tecnológicos**

Otra herramienta de la administración que se usa para llevar a cabo la selección de una tecnología competitiva para la organización es la evaluación y comparación entre las características de los proyectos o planes a desarrollar, la cual va posterior al monitoreo tecnológico; en los proyectos los estándares de factibilidad económica, social, política y últimamente ambiental se valoran como objetivos indispensables para planificar y gestionar programas de trabajo y presupuestos. A partir de esta información, los evaluadores se enfocan en la toma de decisiones para decidir cómo y cuándo se utilizarán los resultados del monitoreo y la evaluación para dar desarrollo a los planes de trabajo del proyecto elegido en beneficio de la organización. En el caso de la evaluación de los biocombustibles para esta investigación, se lleva a cabo a partir de la comparación de las ventajas y desventajas que los compongan buscando una opción con los estándares económicos, técnicos y ambientales más factibles para el país.

Una definición sobre la evaluación de proyectos en los negocios la proporciona Bamberger en la que menciona que "se utiliza principalmente para ayudar en la selección y diseño de proyectos futuros. En la evaluación salen las oportunidades más adecuadas y relacionadas al interés de la organización así como el grado en que el proyecto puede producir impactos, beneficios o amenazas (como aumentos en los ingresos, una mejor calidad de vida, etc.) y pueden evaluar el costo-beneficio del proyecto en comparación con otras opciones"<sup>97</sup>. La evaluación lleva consigo un seguimiento de la propuesta elegida (experiencias, procesos, rentabilidad, economía etc.) con el objetivo de orientar el diseño de futuros proyectos.

Es importante mencionar que el monitoreo junto con la evaluación de proyectos tecnológicos no tienen que ser herramientas caras o complicadas, ni requieren especialistas o grandes cálculos puesto que la complejidad y el alcance de los estudios se pueden adaptar a las necesidades de la investigación, pueden abarcar desde una metodología documental, o también llamada de gabinete, hasta la investigación práctica y experimental; esta última requiere de mayor inversión económica.

---

<sup>97</sup>Bamberger, Michael; Hewitt, Eleanor, "Monitoring and Evaluating Urban Development Programs", A Handbook for Program Managers and Researchers.. World Bank Technical Paper no 53. Washington, D.C.: 1986.

En una evaluación de proyectos se deben identificar las ventajas, las desventajas de la tecnología, así como la determinación de los indicadores de costo-beneficio respecto a los componentes requeridos para su desarrollo con el fin de determinar si es viable la inversión en la tecnología seleccionada y en este caso saber si se cuenta con las suficientes materias primas para la producción estimada. En este proceso el trabajo del director o encargado del proyecto se centra en tomar decisiones llevándolo a ser emprendedor o no; son necesarios tanto los empresarios como los investigadores para que los estudios tengan conocimiento y experiencias interdisciplinarios y no sólo tiendan a ser demasiado académicos o técnicos buscando un equilibrio de conocimientos para la utilidad de los proyectos, por lo que lo ideal sería una triada entre la academia, la industria/negocios y el apoyo gubernamental.

Las herramientas de monitoreo y evaluación para la propuesta estratégica de un proyecto es un ejercicio que abarca más que el desarrollo de indicadores. En el artículo “Designing project monitoring and evaluation”<sup>98</sup> del Banco Mundial se menciona que tiene cinco componentes:

1. Objetivos medibles para el proyecto y sus componentes, para que los indicadores puedan ser definidos.

2. Señalar los indicadores o estándares específicos que se buscan en los productos para que el que cumpla con ello pueda satisfacer la necesidad o resolver el problema así como ser el más benéfico y con mayor impacto competitivo.

3. Recopilación y comparación de datos, darles coherencia para transformarlos en información y mediante un análisis convertirla en conocimiento e inteligencia para la gestión estratégica del proyecto más acorde a los intereses de la organización.

4. Los arreglos institucionales necesarios para la recopilación, análisis y presentación de datos del proyecto, y para invertir en el desarrollo de capacidades.

5. Finalmente, la toma de decisiones se verá aplicada en la habilitación.

Por otra parte, hay que tener claro que las herramientas administrativas de monitoreo y evaluación de proyectos tecnológicos pueden ser una manera eficaz de proporcionar retroalimentación y constante actualización en la medida en que los proyectos vayan logrando sus metas; por eso es importante identificar cambios

---

<sup>98</sup> World Bank. “Designing Project Monitoring and Evaluation” Lessons and Practices, no 8. Operations Evaluation Department. Washington DC. (06 de enero de 1996).

en el medio externo de la organización o un problema potencial de una situación (como la culminación del petróleo y su impacto en la economía nacional) en una etapa temprana para poder entrar en la competencia a tiempo.

La evaluación mediante la comparación de las ventajas y desventajas de los componentes de las tecnologías miden la accesibilidad a las propuestas y la factibilidad que los proyectos poseen respecto a sus características y estándares para que la organización se posicione mejor. Por eso es fundamental que en México se proporcionen directrices para la administración de proyectos con beneficio a futuro y pensando en un posicionamiento en el mercado tecnológico.

La evaluación que se realiza en este trabajo atiende al análisis y comparación de factores *técnicos (procesos y biomasas)*, *ambientales (contaminación, gases de efecto invernadero, cuidado ambiental)*, *económicos (desarrollo económico)*, de todas las opciones arrojadas por el monitoreo así como de los respectivos resultados y experiencias que han tenido estos biocombustibles en organizaciones o países en los que ya se hayan desarrollado, con el fin de proponer la opción más viable para una toma de decisiones adecuada y posteriormente habilitarla en el México.

### **3.6.3 Propiedad Intelectual**

La protección que se brinda a una innovación tecnológica por medio de la propiedad intelectual es la última etapa del Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación que se toma como referencia, por lo que es importante su estudio para llevar a cabo la toma de decisiones sobre las oportunidades de investigación y desarrollo en biocombustibles para el país respecto a su protección o licencia. Primero, hay que saber qué es la propiedad intelectual y las partes en las que se divide.

La Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), organismo especializado del Sistema de Naciones Unidas dedicado a fomentar el uso y la protección de las obras del intelecto humano brinda la siguiente definición:

La propiedad intelectual se refiere a las creaciones de la mente: invenciones, obras literarias y artísticas, así como símbolos, nombres e imágenes utilizadas en el comercio. La propiedad intelectual se divide en dos categorías: La propiedad industrial, que incluye las *patentes de invenciones*, las marcas, los diseños industriales y las indicaciones geográficas. Y los derechos de autor, que incluye obras literarias, tales como novelas, poemas y obras de teatro, películas, obras



musicales, obras artísticas, tales como dibujos, pinturas, fotografías y esculturas, y diseños arquitectónicos. Los derechos conexos al derecho de autor incluyen los derechos de los artistas intérpretes o ejecutantes sobre sus interpretaciones o ejecuciones, los de los productores de fonogramas y los de los organismos de radiodifusión respecto de sus programas de radio y televisión<sup>99</sup>.

Esta definición específica el concepto de propiedad intelectual y las dos categorías en las que se divide junto con lo que engloba cada una de ellas; en el caso de esta investigación, la propiedad industrial, específicamente el caso de las patentes, es la parte que cobra importancia para el estudio. Se debe tener en cuenta que de la propiedad industrial emanan derechos como los que permiten al titular de una patente tener el beneficio sobre su invención, puede impedir que otros fabriquen, utilicen, ofrezcan a la venta, vendan o importen la invención patentada sin permiso, y pueden demandar a quien explote la invención sin su permiso; esta clase de derechos que al inventor le confieren están reconocidos en un sistema legal internacional, por ejemplo “en materia de patentes, la OMPI lo señala en el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial de 1883 y posteriormente los derechos de autor son reconocidos en el Convenio de Berna para la Protección de las Obras Literarias y Artísticas de 1886”<sup>100</sup>; también se pueden encontrar citados en el artículo 27 de la Declaración Universal de Derechos Humanos, lo que los convierte en un estímulo para los inventores a nivel mundial con el fin de llevar a cabo la protección de sus intereses y ganancias resultantes de su autoría en toda producción científica, literaria, artística o tecnológica.

La propiedad intelectual principalmente concede los derechos para la protección de las innovaciones del inventor o artista, retribuyéndole con un estímulo legal y económico a su creatividad y a su esfuerzo entregado, esto a su vez induce a seguir modernizando y renovando las ideas en la persona y generalmente forja un crecimiento económico, competencia, reconocimiento y progreso del país u organización donde se realiza.

En el caso de los biocombustibles, le corresponde a las patentes el medio para brindar esos derechos exclusivos al titular de esta tecnología; con ellas se protegen a los productos y sus procesos tecnológicos que ofrecen una nueva o mejor forma de llevar a cabo alguna actividad, o brinda una solución generalmente técnica a un problema; esta protección se concede durante un período limitado que suele ser de 20 años. En ese periodo de tiempo no puede ser confeccionada,

---

<sup>99</sup> Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, “¿Qué es la propiedad intelectual?”, OMPI No. 450 [En línea] [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/intproperty/450/wipo\\_pub\\_450.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/intproperty/450/wipo_pub_450.pdf) (Consultado el 2 de febrero del 2016).

<sup>100</sup> *Ibid.* Pág.3.

utilizada, distribuida o vendida comercialmente sin el consentimiento del titular; no obstante, este punto despierta una discusión del tema ya que se llega a ver como algo injusto, un tipo monopolio que genera usura económica sobre el invento.

Lo importante de este tema para la investigación es el derecho que tiene el titular sobre la utilización de la invención patentada, ya que de ello se definirá en la toma de decisiones si es requerido el pedir su permiso, una licencia, transferencia tecnológica o incluso comprar su derecho a un tercero, para ser el nuevo dueño de los derechos de la patente. Es aquí donde la protección forma parte de las conclusiones en la toma de decisiones de la investigación y desarrollo de biocombustibles para el país. No obstante es de mencionarse que en general todos los temas que engloban innovaciones de impacto que marcan una tendencia tecnológica nueva en el mundo, incluso antes de hacerlos públicos quedan protegidos ya que representa una gran entrada económica y en el caso de los biocombustibles, esto es de esperarse. Al respecto Teece señala que:

“(…) innovación que esté basada en conocimientos cuyas características le confieren alta protección, en el sentido de ser difícil de copiar o transferir a otra empresa, y que desde un inicio posea un régimen legal altamente protector, puede clasificarse poseedor de un fuerte régimen de apropiabilidad”<sup>101</sup>; que es lo que tienen los biocombustibles, al ser una innovación que puede generar cambios en la sociedad y grandes ganancias económicas, están sometidos a un alto régimen de apropiabilidad.

Por otra parte, las patentes también son las responsables de que haya publicaciones y divulgación de información de la invención al público en general, esto se menciona como otra característica, puesto que proporcionan no sólo protección para el titular sino también al ser revelada la información representa información valiosa para las futuras investigaciones, así como la difusión de los avances tecnológicos en investigaciones académicas como tesis, artículos o libros.

Es entonces que para ver si la innovación tecnológica ya se encuentra patentada se debe buscar en base de datos que ofrecen una variedad de índices y listados sobre creaciones, entre las instituciones y páginas especializadas para no violar los derechos del inventor; para ello se encuentra la OMPI, otro espacio especializado y experto sobre el tema está disponible en internet y se llama Espenonet (donde se realizará la búsqueda de patentes), además, un importante punto de referencia sobre este tema son las oficinas nacionales de patentes u oficinas regionales que trabaja para varios países, por ejemplo, la Oficina Europea

---

<sup>101</sup> Teece, D., “Profiting from technological innovation: Implications for Integration, Colloboration, Licensing and Public Policy”, *Research Policy*, Vol. 15, 285-305.

de Patentes (OEP) y la Organización Africana de la Propiedad Intelectual (OAPI) de esta manera se sabe si la invención está protegida en uno o varios países.

En resumen, de la propiedad intelectual se desprende el área llamada propiedad industrial que entre sus componentes se encuentran las patentes que ofrecen la protección a innovaciones generalmente tecnológicas que es justo donde se relacionan con los biocombustibles, brindando derechos de propiedad, explotación y uso, los cuales no dejan que sean explotados por terceros a menos que haya una licencia o un acuerdo con el titular, específicamente es donde esto interviene en el trabajo, para ello primero se requiere saber si las innovaciones ya están patentadas lo cual formará parte de la propuesta, como opciones se desprenden la protección de lo que se podría inventar o pedir licencias para transferencias tecnológicas.

### **3.7 Inteligencia Tecnológica Competitiva (*ITC*)**

La Inteligencia Tecnológica Competitiva (*ITC*) es una de las herramientas de la gestión tecnológica; se realiza tanto en sectores macroeconómicos de un país, incluyendo grupos industriales, como en las organizaciones y empresas micro, pequeñas y medianas (MIPYME), con el fin de mantenerse al tanto de la evolución de las tecnologías fundamentales para sus negocios.

En el entorno competitivo actual no basta con recopilar y analizar datos para transformarlos en información, lo importante es que éstos a su vez se puedan convertir en inteligencia que impulse y permita tomar decisiones acertadas. Por ello la *ITC* hoy en día se ha convertido en una de las herramientas administrativas tecnológicas más importantes de las organizaciones y eso es lo que se busca con las aquí descritas, ya que en conjunto dan resultados inteligentes y competitivos, mediante un proceso continuo de análisis de información se genera una planeación estratégica con la que se busca establecer una orientación sustentable y económica que pueda ser aplicada al país.

Es así que la *ITC* es considerada como otra herramienta especializada en aspectos científicos y tecnológicos para el desempeño competitivo de la organización por el *Manual de Inteligencia Tecnológica Competitiva*, en el cual se menciona que:

La *ITC* es una herramienta de gestión que permite a los directivos de una institución tener la sensibilidad sobre oportunidades, amenazas y desarrollos científicos y tecnológicos externos que puede afectar su *situación competitiva* en

función de los recursos con los que cuenta, con el fin de elaborar planes, programas y proyectos relevantes.<sup>102</sup>

Por su parte la Sociedad de Profesionales de Inteligencia Competitiva (SCIP) define a la Inteligencia Tecnológica Competitiva como “un proceso sistemático y ético en el que se engloba la recopilación o monitoreo, el análisis y la gestión de la información externa que pueda afectar los planes, las decisiones y las operaciones de las empresas u organizaciones”<sup>103</sup>.

Puede observarse en estas definiciones que la *ITC* abarca las herramientas que en los apartados anteriores se han descrito, es por eso que el objetivo de análisis de la información obtenida mediante el monitoreo tecnológico y la evaluación de los proyectos en esta investigación, es generar información para poder convertirla en conocimientos e inteligencia sobre biocombustibles que se están desarrollando en el ambiente externo del país y se propone generar competencia tecnológica, y brindar con ellos sustentabilidad para que el país se pueda adaptar a su entorno inmediato como hace referencia la teoría contingencial; en otras palabras, el monitoreo identifica el desarrollo y los tipos de biocombustibles que hay, la información e indicadores obtenidos son evaluados y junto con las patentes se podrá proponer una estrategia y propuesta de desarrollo viable para contribuir con una alternativa sustentable para recursos naturales como el petróleo; sea cual sea el escenario se debe respetar la protección que se tenga puesto que en el caso específico de la inteligencia tecnológica, las patentes son un acervo de información clave con utilidad para la formulación de políticas a largo plazo, estrategias de investigación y desarrollo (I&D) nacionales en oficinas de gobierno así como para apoyo a las estrategias de I&D y gestión en empresas individuales para el desarrollo económico nacional.

La *ITC* cuenta principalmente con tres etapas dentro de su proceso, la primera es el *acopio de información*, ésta es la parte operativa en la que se concreta la estrategia de búsqueda, hay diferentes tipos de información y se seleccionan las fuentes adecuadas como libros, artículos o patentes. La segunda etapa es la de *análisis de información*, esta etapa implica actividades de organización, comparación y *evaluación* con el fin de identificar la opción más viable de biocombustibles. Y la tercera etapa es la *propuesta y difusión* de los resultados, ya sean viables o no viables para habilitarlo.

---

<sup>102</sup> Vega González, Roberto; Solleiro, José Luis, “Manual Inteligencia Tecnológica Competitiva” (2002): 4.

<sup>103</sup> Saayman, A; Pienaar; et. all, “Competitive intelligence: construct exploration, validation and equivalence”, *Aslib Proceedings: New Information Perspectives*, Vol. 60 No. 4 (2008): 383-411.

En este procedimiento el análisis es el proceso a través del cual las piezas de información, generalmente desorganizadas, se acoplan y se convierten verdaderamente en inteligencia, ya que en él se involucran las actividades de comparación y organización de los datos básicos.

Anteriormente gran parte de las aplicaciones de la inteligencia tecnológica competitiva, tenían poco uso con casos prácticos conducidos en organizaciones o en un sector, sin embargo, en los últimos diez años, el uso de la inteligencia tecnológica como insumo para alimentar las políticas científicas, tecnológicas e industriales de diversos países ha ido en crecimiento por los resultados que ha generado; por ejemplo en países desarrollados como China se ha usado este recurso en áreas emergentes que desean fortalecer y han tenido éxito; logrando en 30 años pasar de un sistema total de manufactura e importación a uno de innovaciones y calidad en áreas como la biotecnología, la industria farmacéutica, las telecomunicaciones y la nanotecnología.

Este ejemplo de desarrollo como el de China debe ser tomado como ejemplo por México y comenzar a proponer y planear innovaciones a largo plazo. En un principio podría aplicarse lo que se hace “en otros países asiáticos como Tailandia o Filipinas donde la inteligencia tecnológica se centra en identificar las tecnologías y productos que deberían ser adquiridos y desarrollados por las empresas locales. El análisis de patentes está fuertemente incentivado”<sup>104</sup>.

En conclusión, el ejercicio de *ITC* realizado en este trabajo funge como la herramienta integradora del marco teórico presentado en este capítulo; es decir, con los resultados parciales obtenidos en el estudio del contexto histórico del sector de explotación de hidrocarburos, el monitoreo tecnológico, la búsqueda documental, la evaluación y comparación de las ventajas y desventajas de los proyectos con la que se llega al resultado final consistente en la identificación y propuesta de la tecnología de producción de un biocombustible factibles de ser habilitado en México respecto a las características necesarias y las acciones que se deben poseer para su realización. Ver Figura 2.

---

<sup>104</sup> Castillo, Jorge; Solleiro J.L; Castañón, R; Castillo, “El estado del arte de la inteligencia tecnológica competitiva: tendencias y perspectivas”(2009) [En línea] [http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2009/MT2/SESION1/MT21\\_JSOLLEIRO\\_028.pdf](http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2009/MT2/SESION1/MT21_JSOLLEIRO_028.pdf) (Consultado el 28 de febrero del 2016).

Figura 2. Ejercicio integrador de ITC



Fuente: Elaboración propia

# Capítulo 4

## Monitoreo Tecnológico y evaluación de biocombustibles

**E**ste capítulo tiene como propósito llevar a cabo el monitoreo y la vigilancia de tipo documental sobre el desarrollo que han tenido los biocombustibles en el mundo; estas herramientas administrativas tienen como meta la recopilación de información sobre esta tecnología para que posteriormente se pueda analizar y evaluar mediante las características económicas, técnicas y ambientales presenten y así poder proponer una propuesta viable respecto a su desarrollo y habilitación en México.

En los temas se describirán las características de cada biocombustible ubicado, así como ventajas y desventajas de su uso, asimismo se puntualizará en la protección y accesibilidad de esta tecnología a partir de la indagación en las patentes ya concedidas. De esta manera se propone una alternativa sustentable para los combustibles fósiles que se encuentran en vías de extinción y por consecuencia direccionar al país a una competencia en un mercado naciente.

### 4.1 Escenario actual de los biocombustibles en el mundo

Hoy en día las fuentes renovables de energía se están volviendo cada vez más populares a causa de su potencial sustitución que tienen en los combustibles fósiles que como ya es una realidad en muchos países se están volviendo escasos u otros simplemente no cuentan con ellos; desde una perspectiva ambiental, estas innovaciones buscan la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero así como la sustentabilidad de las reservas petroleras, y desde un punto de vista económico significa la apertura de nuevos negocios, mercados, desarrollo, crecimiento e innovación. Hoy en día existe una gran variedad de biomásas para el aprovechamiento energético en los países en desarrollo, con gran disponibilidad de condiciones naturales, clima adecuado y mano de obra barata, especialmente cuando la tierra es favorable, contando con disponibilidad

de agua, gran exposición de luz solar o simplemente significativas cantidades de CO<sub>2</sub>, entre otras.

Aunado a lo anterior, este tema se ha vuelto popular por el crecimiento de los precios del petróleo desde el año 2000 hasta la primera mitad de 2008, lo que contribuyó al optimismo acerca del potencial de los biocombustibles y se ha reafirmado la urgencia de innovar en esta área especialmente en México desde el año 2012 al presente cuando comenzaron a subir los precios del petróleo de una manera desmedida por el declinación de las reservas y la sobreoferta de petróleo de esquito en otros países, entre otras motivos. Por ello, los biocombustibles pasaron a ser presentados como soluciones de ganar-ganar porque disminuirían los riesgos ambientales y aumentarían la actividad económica, que son para muchos países y organizaciones, los objetivos a alcanzar.

Existen diversas posibilidades para la producción de combustibles líquidos que pueden ser utilizables para la industria del transporte a partir de biomásas, como por ejemplo *el bioetanol y el biodiesel* los cuales son los dos biocombustibles con mayor desarrollo en el mundo y que ya han sido utilizados en escala comercial.

Si bien, es cierto que los biocombustibles ya habían sido pensados para ser desarrollos como industria moderna desde las últimas décadas del siglo pasado, que incluso ya fueron utilizados en diversos países, en realidad, éstos no habían sido considerados primordiales dentro del actual sistema energético mundial puesto que en ocasiones previas se dejaron de lado debido a que aún los combustibles fósiles eran abundantes y su explotación era relativamente menos complicada y de menor costo. Como ejemplo de lo anterior, la crisis petrolera de 1973 fue una situación muy parecida a la que hoy se vive, ya que en este período la mayor parte del mundo se encontró frente a una precipitada alza de los precios del barril de petróleo que dio resultado a una crisis ocasionada por países que forman la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP), lo cual propició al desarrollo de combustibles sustitutos y de sus nacientes industrias en países como Estados Unidos y Brasil, las cuales hoy en día son las más representativas en biocombustibles a nivel mundial.

Sin embargo, en la década de los setenta el impulso hacia los biocombustibles tuvo que ver con la vulnerabilidad energética, ya que en realidad los yacimientos de petróleo se encontraban con una amplia capacidad por ser explotados, es decir, había materia prima y era una asunto de corte político y económico que no necesariamente tenía que ver con el impacto ambiental; situación que hoy es totalmente diferente al ser reflejada en un agotamiento real



de las reservas por su explotación excesiva y crecimiento demográfico en el mundo.

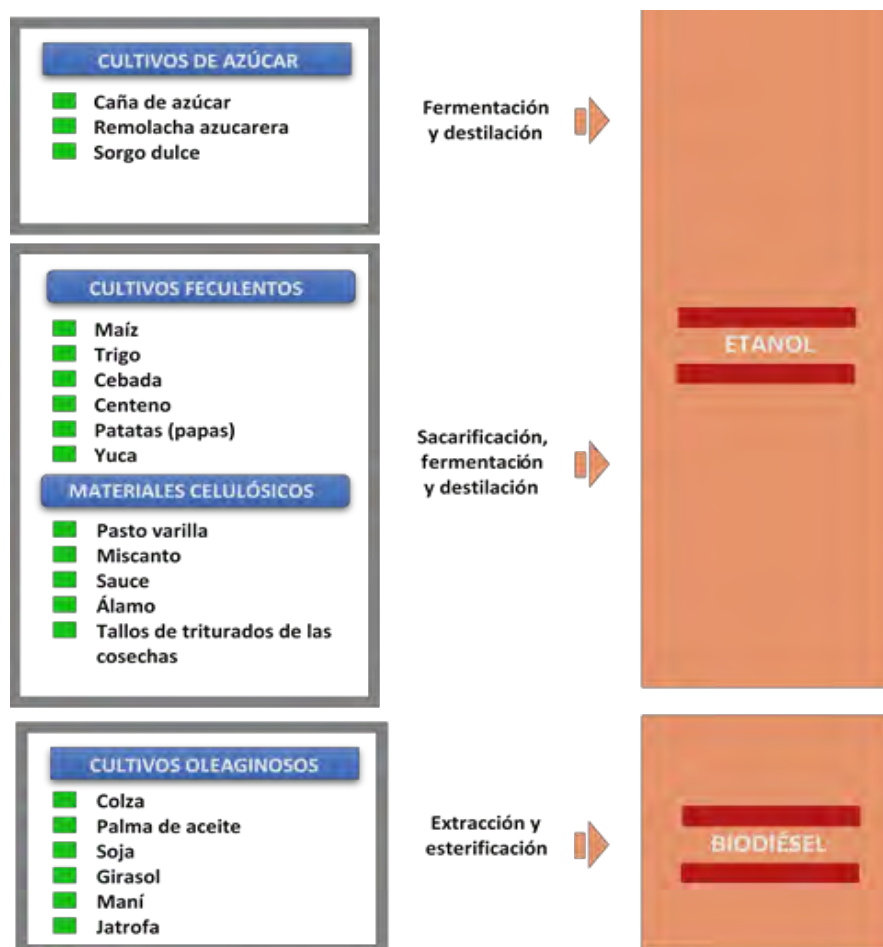
La expansión y el crecimiento actual de los mercados energéticos han tenido como resultado en la mayoría de los países desarrollados y en vías de desarrollo, la iniciativa de nuevas políticas energéticas y ambientales que reconfiguran el papel de los sectores en la agricultura; este sector ha tenido un papel importante como proveedor de materia prima para la producción de biocombustibles líquidos para el transporte.

Es un hecho que la industria de biocombustibles constituye una nueva fuente de demanda de productos agrícolas, por lo que abre oportunidades para la generación de ingresos y creación de nuevos empleos. Al mismo tiempo, genera una competencia cada vez más fuerte por los recursos naturales, particularmente la tierra y el agua, sobre todo a corto plazo, que si bien a la larga el aumento de los rendimientos podría mitigar dicha competencia.

A pesar de que su desarrollo en general ha experimentado un volumen limitado, en años recientes los biocombustibles líquidos han sido producidos fundamentalmente de productos agrícolas y alimenticios básicos como biomásas los cuales han tenido un crecimiento considerado, entre los casos más significativos en desarrollo e investigación se encuentran, los tan mencionados, bioetanol y biodiésel.

Estos biocombustibles se obtienen de insumos renovables a partir de desechos o cultivos orgánicos por ejemplo, la producción de etanol deriva de las biomásas de los cultivos o materias primas como el maíz, sorgo, yuca y caña de azúcar, entre otros; el biodiésel se produce a partir de las oleaginosas de la soya, aceite de palma, colza, etc., (como se aprecia en la Figura 3).

Figura 3. Conversión de materias primas en biocombustibles líquidos



Fuente: Elaboración propia a partir de FAO. *World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective*, editado por J. Bruinsma. Roma, FAO y Londres, Earthscan, 2003.

Estos son los dos tipos de biocombustibles líquidos más utilizados en el mundo ya que se les atribuyen a sus bondades en los costos de fabricación, la existencia de la biomasa y la utilidad para las regiones emergentes. En relación a estos biocombustibles se ha dado una mayor Investigación y Desarrollo (I&D) y como derivación de ello ya existen dos generaciones en los procesos de producción; es así que al hablar de primera o de segunda generación se hace referencia a la incorporación “de nuevos métodos de investigación y desarrollo, con la obtención de compuestos de plantas como el lignum, la celulosa o hemicelulosa entre otros procesos tecnológicos utilizados como la hidrólisis enzimática”<sup>105</sup>.

<sup>105</sup> Guadix, A.; Guadix, E.; M. Páez, M.; P. Gonzales, P.; Camacho, F., “Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas”, *Ars Pharmaceutica*, No. 4, Vol. 1 (2000): 79–89.

Por su parte, la producción de biodiésel también incorpora novedosas tecnologías de segunda generación para su obtención y se deriva de biomásas distintas a las oleaginosas, “como la madera, la paja y residuos orgánicos, mediante procesos de gasificación Fischer-Tropsch, que permiten sintetizar combustibles líquidos de alta calidad”<sup>106</sup>.

Es importante mencionar que este mercado va en crecimiento y tiene grandes expectativas de desarrollo económico competitivo en los años porvenir; ya que “de acuerdo con información de la Agencia Internacional de Energía, se estima que la demanda de biocombustibles para el transporte se incrementará para el año 2030 en un 55% respecto al consumo en 2004”<sup>107</sup>.

Y en relación con las previsiones 2012-2021 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) así como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se espera que la producción mundial de bioetanol y biodiesel se duplique; haciendo especial énfasis en que este incremento de la producción se concentrará especialmente en países como “Estados Unidos (33.2%), Brasil (21.8%), UE (20.6%), Argentina (4.1%), Colombia (0.8%) que representan la producción mundial de biocombustibles líquidos”<sup>108</sup>; es claro que en estos países se ha dado un monitoreo, evaluación y planeación de las próximas plataformas tecnológicas que traerán importantes transformaciones en el mundo, no por nada están invirtiendo y apostando fuertemente en estas fuentes de energía de origen biológico para sus regiones buscando el crecimiento y desarrollo, además con la oportunidad de aportar una nueva fuente ecológica de bioenergía y, de esta manera, reducir gases de efecto invernadero y sustituir paulatinamente el uso del petróleo.

Los biocombustibles más desarrollados a nivel internacional son básicamente el bioetanol y el biodiesel de los cuales se desglosan varios procesos y biomásas para su producción, sin embargo, se hará mención de otras biomásas que fueron monitoreadas y que son viables para el desarrollo de biocombustibles en el país, con las cuales se busca quitar problemas de riesgo alimentario en la

---

<sup>106</sup>Dufey, A.; Vermeulen, S.; Vorley, W., “Biofuels: Strategic Choices for Commodity Dependent Developing Countries. Common Fund for Commodities (CFC)” (2007) [En línea] <http://www.common-fund.org/download/actualiteit/07Biofuels.pdf> (Consultado 04 abril 2016). Dufey

<sup>107</sup> Morelos Gómez, José, “Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina”, *Revista Estudios Gerenciales ScienceDirect*, Vol. 32, No. 139 (abril-junio del 2016): 122 [En línea] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592316300018> (Consultado el 04 abril del 2016).

<sup>108</sup> REN21, “Renewables Global Status Report. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH” (2009) [En línea] [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE\\_GSR\\_2009\\_Update.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE_GSR_2009_Update.pdf) (Consultado el 04 de abril 2016).

población, así como los altos costos de producción que llegan a presentar en algunos casos el bioetanol y el biodiesel. Para saber sobre las distintas opciones de biomasa y procesos que hay, se realizó un monitoreo tecnológico con el programa *Matheo Analyzer* que fue aplicado en una base de datos llamada *Web of Knowledge: Science Citation Index*<sup>109</sup>, la búsqueda fue delimitada a un período que va del año 2000 al presente.

*Matheo Analyzer* es un software flexible y fácil de usar que permite explorar, monitorear y vigilar eficientemente grandes volúmenes de datos y convertirlos en información estratégica con gráficas que presentan resultados. Es un programa que brinda apoyo a la toma de decisiones y permite crear un cuadro de mando con mapas de información, síntesis e indicadores a partir de grandes conjuntos de información. Regularmente se usa para análisis de patentes y documentos científicos para generar mapas y redes simétricas sobre los principales actores y tecnologías, detectar tendencias y monitorizar el escenario científico, estratégico, comercial y competitivo.<sup>110</sup>

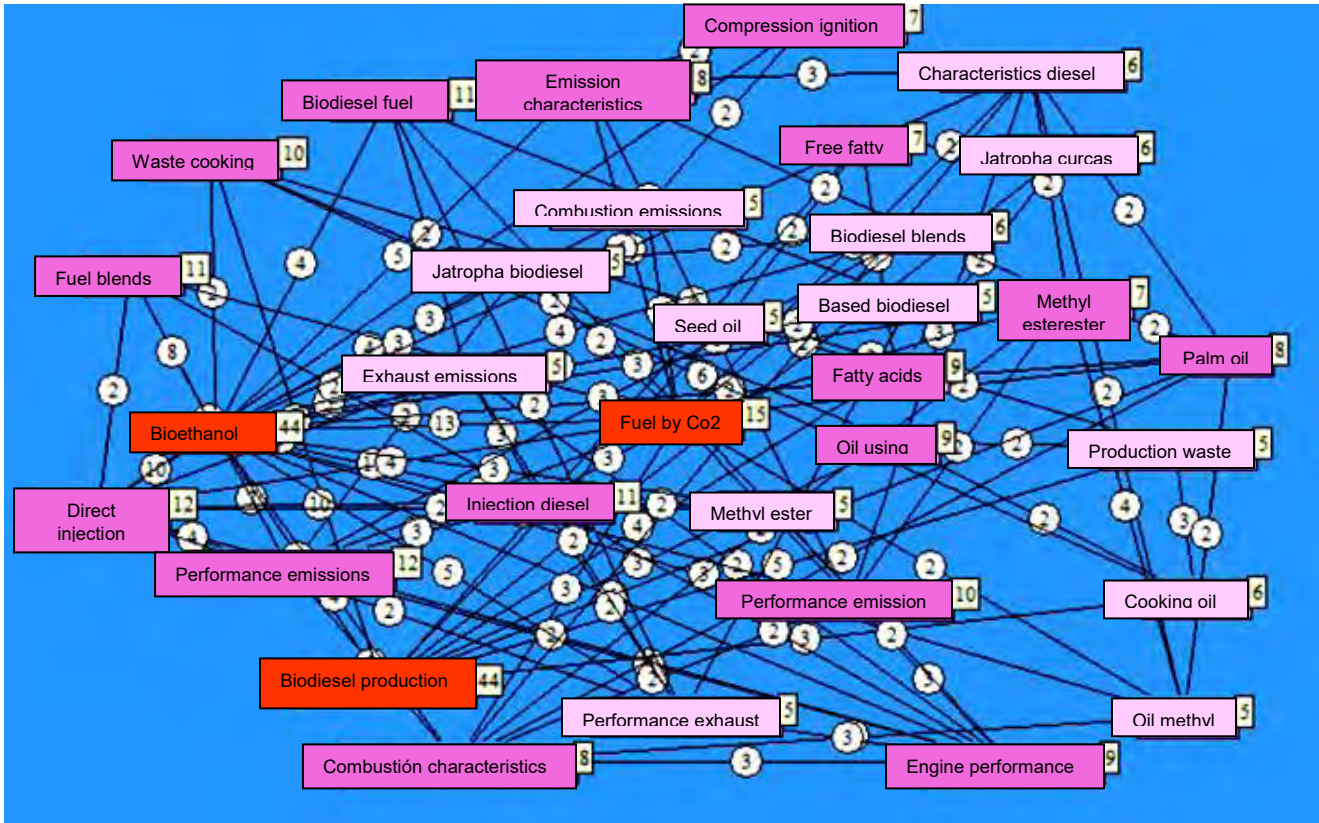
Una vez en el buscador de la página *Web of Knowledge (WOK)* se mostraron alrededor de 8,390 resultados sobre diversos procesos, biomasa e investigaciones que giran alrededor de la palabra “biofuels”; los títulos y resúmenes de los artículos encontrados desde la página *WOK* se guardaron en formato de texto simple (.xml) para poder exportarlos al programa *Matheo Analyzer* donde aparecieron varios campos que hacen referencia a palabras clave, categorías temáticas, años de publicación de los registros de las investigaciones que se ingresan al programa, entre otros; desde ahí se pueden hacer varias gráficas como histogramas, gráficas de barras horizontales, verticales o redes simétricas; para este monitoreo se utilizó el campo C1 referido al de “palabras clave” y con una gráfica de red simétrica se pudo visualizar qué biomasa o procesos son de los que más se tiene investigación al día de hoy y son presentados como otras opciones de biocombustibles a parte de las más conocidas del bioetanol y biodiesel. A continuación se muestra el resultado del monitoreo en una red simétrica:

---

<sup>109</sup> Es importante mencionar que esta página es una de las más importantes respecto a la divulgación y registro de recursos electrónicos como artículos, revistas y libros científicos a nivel internacional; Y se presenta la ventaja de tener acceso total al ser una página con la que la UNAM tiene un convenio.

<sup>110</sup> *Matheo-Software.com*; “*Matheo Analyzer* Análisis de bases de datos y mapas de información” [En Línea] <http://www.matheo-software.com/es/matheo-analyzer/> [Consultado el 04 de Abril del 2016]

Red Simétrica 1. Palabras clave de procesos, biomazas o métodos de biocombustibles



Fuente: Elaboración propia.

Esta red fue delimitada a las palabras con mayor frecuencia de aparición, en ellas se muestran las biomazas y los procesos que han sido mayormente estudiados y divulgados así como sus conexiones con las investigaciones de diversos autores con las que se tienen vínculo; en esta red se aprecia que los investigadores tienen mayor interés en innovaciones como: bioetanol y biodiesel que están en los rectángulos color rojo, mostrando un mayor número de conexiones y siendo los temas de mayor frecuencia de aparición e investigación, lo que sustenta lo antes mencionado como los principales biocombustibles a nivel internacional.

Los colores de esta red simétrica se interpretan de la siguiente manera, rojo son los que presentan mayor investigación y conexiones de temas e investigaciones entre los registros de WOK; en color rosa mexicano se muestran los que presentan una mediana cantidad de investigación y conexiones y finalmente el rosa claro es para los temas que muestran menor investigación e interés.

No obstante también se muestran investigaciones con relación a los residuos agrícolas, los residuos forestales, mezclas de biocombustibles, los aceites vegetales (que son principalmente utilizados para bioetanol y biodiesel) y biomásas como aceites de semillas y aceites de cocina, entre otros; de éstos se tendrá mayor explicación más adelante.

Como tercer cuadro rojo con mayor aparición y conexiones se tiene un proceso innovador en el cual se propone la transformación del CO<sub>2</sub> a combustible; apareciendo éste como otra posible opción sustentable a los combustibles de origen fósil, que no figuraba en la investigación.

Y finalmente por mencionar otra opción, existe una alternativa de producir un tipo de biocombustible a partir de las botellas de PET (Politereftalato de Etileno) que incluso a nivel nacional ya se ha intentado realizar, pero la transformación de estas biomásas requieren de procesos con un grado mayor de complejidad que las que necesitan los alimentos; éstas son las propuestas del monitoreo tecnológico basado en investigaciones e incluso en patentes que tanto económicamente como ambientalmente son las que han sido las más viables y desarrolladas a nivel internacional.

## **4.2 Bioetanol a partir de cultivos energéticos**

Tal como se ha mencionado los biocombustibles más utilizados a nivel internacional, son el bioetanol y el biodiesel; el primero es el que hasta el momento tiene mayor importancia dentro de la industria energética, ejemplo de ello han sido las industrias brasileña y estadounidense que gozan de experiencia y fortalezas en este mercado.

El caso de Brasil, se debe mencionar, ya que hoy en día es el mayor productor de bioetanol que cuenta con los mejores rendimientos en gran parte por sus condiciones geográficas, una evaluación para cualquier proyecto de investigación y desarrollo en esta rama tecnológica lo pone en ventaja al compararse con el resto de los países, puesto que dentro de su territorio se produce con bastante facilidad la caña de azúcar<sup>111</sup>.

Por su parte México también es uno de los más grandes productores de caña en América Latina, “la agroindustria azucarera genera y distribuye ingresos por 33 mil millones de pesos anuales; la caña de azúcar aporta el 13.5% del valor

---

<sup>111</sup> Gobierno de Brasil, “Energía. Biocombustibles”, [En línea] <http://www.brasil.gov.br/energia-es/matriz-energetica/biocombustibles> (Consultado el 04 abril 2016).



de la producción agrícola nacional y representa el 0.4% del PIB y el 7.3% del PIB agropecuario<sup>112</sup>, estos indicadores brindan una fuerte base de oportunidades y fortalezas en el país para llevar a cabo la producción de bioetanol, no obstante, existen problemas en la industria azucarera que primero deberían de ser solucionados como la falta de financiamiento para apoyo en maquinaria, instalaciones y equipo de alta tecnología con sistemas de riego modernos; además es importante mencionar que en México la producción de esta materia prima ha sido destinada a la industria alimenticia, lo que causaría conflicto de intereses y discusiones en el tema; estas son debilidades y desventajas que hacen no sea factible el proyecto de bioetanol mediante el uso caña de azúcar aunque sea el cultivo natural con mayores rendimientos energéticos.

En cuanto a la industria estadounidense, se debe decir que a pesar de no contar con las condiciones climatológicas favorables, es hoy en día el primer lugar en la producción de bioetanol mediante el uso de maíz, lo que hace que ambos países constituyan el 70% de la producción mundial<sup>113</sup> es por ello que Brasil, los Estados Unidos y otros países están apoyando activamente la producción de biocombustibles líquidos provenientes de insumos agrícolas. No obstante, aún con esta biomasa también se han dado mucho problemas y han criticados se considera como un factor que ha influido tajantemente en las crisis alimentarias cambiando alimentos por biocombustibles.

Para comprender un poco más sobre la producción de este biocombustible y analizar la eficiencia en su elaboración, cabe hacer algunas aportaciones sobre el uso del bioetanol:

Se produce principalmente mediante la fermentación de granos ricos en azúcares o almidón, por ejemplo, los cereales, la remolacha de azúcar y el sorgo mezclado con la gasolina convencional, normalmente como aditivo al 5% puede utilizarse en los motores modernos de explosión que no han sufrido modificación. Los motores modificados, tales como los utilizados en los llamados vehículos de uso flexible de carburante, pueden funcionar con mezclas de bioetanol al 85% así como con bioetanol puro y gasolina convencional<sup>114</sup>.

Como se muestra incluso el bioetanol puede ser mezclado con gasolina y cuenta con características que se lo permiten como el alto octano que posee que

---

<sup>112</sup> Zafranet.com, "Productores cañeros. Datos Indicativos, proporcionados por la Dirección de Enlace y Federalismo de la SAGARPA" [En Línea] <http://www.zafranet.com/productores-caneros/> (Consultado el 4 de abril del 2016).

<sup>113</sup> Sbarbi Osuna, Maximiliano, "Brasil se convierte en líder energético mundial" [En línea] <http://www.rebellion.org/noticia.php?id=91206> (Consultado el 04 abril 2016).

<sup>114</sup> Dirección general de energía y transporte. Comisión Europea, "Fomento de los Biocarburantes en Europa, un porvenir más limpio para el transporte" (2004): 6.

es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas, así que podría ser una posibilidad para reducir la explotación excesiva del petróleo.

La principal materia prima que se utiliza es aquella con alto contenido de azúcares, de las cuales se lleva a cabo la fermentación para llegar a la destilación del alcohol, es decir, los insumos con alto nivel de azúcares se constituyen como los más convenientes en la elaboración de etanol por la cantidad de litros que de ellas se generan; cuando las biomásas que se utilizan tienen bajo contenido de azúcar y alto contenido de almidón, primero, se tendrá que convertir en azúcar por medio de la sacarificación, lo que produce que no haya la misma cantidad de litros, así como costos y gastos mucho mayores, no convenientes para su elección.

Existen otras materias primas, o biomásas, que se pueden utilizar tales como el bagazo y los residuos de las cosechas de cereales, sin embargo, en específico para estas materias primas se requieren de procesos más complejos y evidentemente más costosos para su transformación a bioetanol.

A continuación se presenta la tabla 5 sobre los principales cultivos energéticos para la obtención de bioetanol, en él se muestra de manera descendente las biomásas o materias primas que generan mayor rendimiento en obtención de alcohol para su producción.

Tabla 5. Potenciales cultivos energéticos para la obtención de bioetanol

<b>Producto</b>	<b>Rendimiento (l/ton)</b>
<b>Maíz</b>	<b>318-354</b>
<b>Sorgo</b>	<b>300-365</b>
<b>Trigo</b>	<b>321-346</b>
<b>Centeno</b>	<b>298-343</b>
<b>Avena</b>	<b>240-253</b>
<b>Cebada</b>	<b>293-323</b>
<b>Arroz</b>	<b>300-372</b>
<b>Papa</b>	<b>86-99</b>
<b>Camote</b>	<b>129-176</b>
<b>Remolacha azucarera</b>	<b>83-94</b>
<b>Caña de azúcar</b>	<b>57-65</b>
<b>Manzana</b>	<b>54-59</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Tabla con información de: Guillén Solís, Omar, *Energías renovables: una perspectiva ingenieril* (México: Trillas, 2004): 72.



Como se muestra en la tabla 5, el maíz es la biomasa que tiene mayor productividad ya que genera mayor cantidad de litros, es decir, por tonelada se generan entre 318 a 354 litros, parece ser que es la biomasa que conviene, sin embargo, sus procesos de transformación y su tiempo de cultivo no brinda tantos beneficios como otros cultivos como la caña de azúcar que al necesitar menos proceso tiene menos costos; las biomásas mostradas en la tabla anterior son las más viables en cuanto a cultivos energéticos para producir bioetanol, no obstante, no todos son aplicables en México, por ejemplo, la remolacha es un cultivo con gran contenido de sacarosa sin embargo por adaptabilidad y requerimientos de temperatura tiene mayor presencia y crecimiento en regiones como Europa, que es donde se encuentran algunos de los principales países productores como Francia, Alemania, Polonia, entre otros.

Una desventaja de todos estos cultivos es principalmente la discusión entre la población respecto al uso de estas materias primas puesto que son alimentos básicos y podrían generar una amenaza en torno a la seguridad alimentaria; es por ello que se decide buscar un punto de equilibrio entre el mercado agrícola y el de los biocombustibles, está es la principal causa de que se comenzaran a desarrollar nuevas técnicas y procesos de investigación que son llamados de segunda generación con el objetivo de originar los mismos productos, pero utilizando en su elaboración y producción materias primas que no son necesarias para cubrir las necesidades alimentarias, continuando en el camino de la sustentabilidad.

Entre las materias de la segunda generación, se encuentran principalmente las hojas secas, la malta gastada de cerveza, el bagazo de caña de azúcar y residuos agrícolas de trigo y maíz; no obstante, con estos residuos vegetales alimenticios los procesos se vuelven más costosos. Es por ello que al ser este biocombustible el de mayor desarrollo a nivel internacional se han examinado otras biomásas que sean favorecedoras y sustentables, y a la fecha, como resultado, ya hay I&D de tercera y cuarta generación en los que se experimenta con restos de la industria maderera, pastos, algas verdes e incluso con bacterias o levaduras genéticamente modificadas con la ayuda de otras áreas de innovación como la ingeniería genética y la biología molecular.

Algunos de los procesos que se utilizan en estas biomásas para la producción del bioetanol son:

La sacarificación-fermentación y procesos como GTL y BTL cuyas siglas en inglés provienen de Gas To Liquids y Biomass To Liquids respectivamente, los cuales

consisten en la gasificación del carbón y de la materia lingocelulósica de la biomasa, para después sintetizar algún combustible líquido como el bioetanol<sup>115</sup>.

Lo principal de este tipo de procesos es que se utilizan altas temperaturas con niveles controlados de oxígeno y químicos que catalizan la conversión de la biomasa en combustibles líquidos.

Así como se han tenido investigaciones con las biomásas necesariamente también ha sucedido con los procesos, sin embargo “toda producción de bioetanol se realiza por medio de la fermentación con microorganismos a partir de materias primas hidrolizadas a sustratos para los microorganismos para la fermentación alcohólica en donde una molécula de glucosa es obtenida de diversas materias primas, ya sean éstas de primera, segunda, tercera o cuarta generación, convirtiéndose en dos moléculas de etanol y dos moléculas de dióxido de carbono”<sup>116</sup>.

Al ser una industria en crecimiento con favorables pronósticos económicos y sustentables no es de sorprenderse que los principales productores e investigadores que buscan seguir innovando en estos procesos y técnicas con biomásas como las antes mencionadas, son Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea, aunque dada las condiciones de emergencia energética y ambiental se ha visto impulsada en diversos países sobre todo latinoamericanos y asiáticos, algunos ejemplos son: Colombia, Argentina, Indonesia, Malasia, y por ello se propone el acceso de México a la competencia mundial.

Finalmente, es importante mencionar que en materia de protección en los procesos y biomásas que se presentan en este biocombustible, a la fecha se han concedido patentes buscando proteger la invención, es decir, no es un tema en el que se pueda encontrar algo desprotegido, al contrario los diversos procesos llegan a tener incluso solicitudes internacionales de patentes en oficinas de varios países, lo que obliga a respetar los derechos del inventor, por lo tanto se debe pedir licencia para su uso y así realizar transferencia de tecnología. Ejemplos de patentes concedidas a innovaciones en bioetanol se muestran en la tabla 6:

---

<sup>115</sup> Álvarez Maciel, Carlos, “Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional”, *Economía Informa*, No. 359 (Julio-agosto del 2009): 6368 [En línea] <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf> (Consultado el 15 de abril de 2016).

<sup>116</sup> A. Bradley; F. Peter; B., T., *Bioquímica*, 1er Edición (Barcelona España: Reverté, 1982): 248.

Tabla 6. Patentes concedidas a procesos de obtención de bioetanol

Materia prima para la obtención de <b>bioetanol</b>					
<b>Inventor:</b> MIKHAJLOV LEONID NIKOLAEVICH [RU]	<b>Applicant:</b> MIKHAJLOV LEONID NIKOLAEVICH [RU]	<b>CPC:</b>	<b>IPC:</b>	<b>Publication info:</b>	<b>Priority date:</b>
			C12P7/06	RU2588655 (C1) 2016-07-10	2015-01-20
Proceso para producir <b>bioetanol</b> mediante hidrólisis enzimática de celulosa					
<b>Inventor:</b> DELMAS MICHEL BENJELLOUN MLAYAH ROUCHRA	<b>Applicant:</b> CIE IND DE LA MATIERE VEGETALE CIMV [FR]	<b>CPC:</b> <u>A23L1/3014</u> <u>A23V2002/00</u> (+5)	<b>IPC:</b> C12P C13K D21C	<b>Publication info:</b> ZA201302088 (B) 2014-02-26	<b>Priority date:</b> 2010-10-13
Método para producir <b>bioetanol</b> mediante material lignocelulósico					
<b>Inventor:</b> SKIBA EKATERINA ANATOLEVNA [RU] BAJBAKOVA OLGA VLADIMIROVNA	<b>Applicant:</b> FEDERALNOE G BJUDZHETNOE UCHREZH DENIE NAUKI INST KHIM ENERGET T SIB OTDEL RAN IPKHET SO RAN [RU]	<b>CPC:</b> <u>C12P2201/00</u> <u>C12P7/10</u> <u>Y02E50/16</u>	<b>IPC:</b> C12P7/10	<b>Publication info:</b> RU2581799 (C1) 2016-04-20	<b>Priority date:</b> 2015-03-13
Integración de procesos de primera y segunda generación de <b>bioetanol</b>					
<b>Inventor:</b> LENNARTSSON PATRIK R [SE] ERLANDSSON PER [SE]	<b>Applicant:</b> LANTMANNEN ENERGI [SE]	<b>CPC:</b> <u>A23K10/12</u> <u>A23K10/38</u> <u>A23K50/80</u> (+9)	<b>IPC:</b> C08B37/00 C12P7/06 C12P7/10	<b>Publication info:</b> CA2933691 (A1) 2015-06-18	<b>Priority date:</b> 2013-12-13
Procesamiento de Sorgo dulce para la producción de <b>bioetanol</b>					
<b>Inventor:</b> BADALOV ARSEN [GB]	<b>Applicant:</b> NASAMAX LTD [BS] BADALOV ARSEN [GB]	<b>CPC:</b> <u>C12P7/10</u> <u>C13B10/02</u> <u>C13K1/02</u> (+1)	<b>IPC:</b> A23L1/09 C12P7/10 C13B10/00 (+3)	<b>Publication info:</b> WO2008029163 (A2) 2008-03-13 WO2008029163 (A3) 2008-08-28	<b>Priority date:</b> 2006-09-08

Fuente. [European Patent Office](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol) Worldwide Espacenet Patent search [En Línea]  
[https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en\\_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol)

Para realizar la tabla anterior se acudió a la página oficial Espacenet Patent Search; en él se proporcionan registros de patentes de más de 90 países además de estar vinculado de manera directa con las oficinas de patentes más importantes del mundo; esta tabla muestra tan sólo cinco resultados donde resaltan algunos procesos y biomásas que se han señalado anteriormente, ya que la búsqueda arrojó más de novecientos resultados encontrados dentro de bases de datos internacionales, lo que evidencía la gran preocupación por proteger estas innovaciones.

Es bastante útil la información técnica y de contacto que se brinda en las patentes, ya que se menciona al inventor, ya sea persona física o moral, la clasificación de la patente, la fecha de concesión, así como un vínculo al documento original con información detallada de la innovación y procesos, incluso se presenta la situación legal y el campo al que corresponde la patente.

Resulta importante saber la información anterior por las siguientes razones, la primera es darse cuenta que la industria de los biocombustibles se está perfilando seriamente como sustituta de la petrolera y entre las innovaciones resalta el mercado del bioetanol con fuerte competencia, por lo menos en cuanto a la satisfacción de la demanda de energía dentro del sector más demandado que es el transporte; la segunda es saber qué países y regiones son los que se encuentran con las condiciones geográficas y dentro de la competencia económica en la cual se están generando intereses por la conquista de un nuevo mercado; la tercera es para estar consciente de que no todos los procesos y las biomásas para el bioetanol pueden ser habilitados en el país, ya que unos representan riesgos en la industria alimentaria así como mayores costos en los procesos que requieren de mayor transformación; y finalmente es importante tener presente la protección que tiene este biocombustible para respetar los derechos del inventor y seguir los procedimientos legales necesarios si se requiere su reproducción.

### **4.3 Biodiesel a partir de cultivos energéticos**

El biodiesel se identificó como el segundo biocombustible de mayor desarrollo, presencia e investigación a nivel internacional; como el bioetanol, es una alternativa sustentable para los combustibles fósiles, además de aminorar la contaminación atmosférica mediante procesos y biomásas de enfoque sustentable con el medio ambiente. Para dar inicio al tema se presenta el siguiente fragmento histórico que sintetiza el desarrollo de este biocombustible en los últimos años, para posteriormente poder definirlo y dar paso a las características, protección, ventajas, desventajas, fortalezas y amenazas con las que cuenta.

Las primeras investigaciones sobre la producción del biodiesel se remontan a la época de la Segunda Guerra Mundial; sin embargo, no fue sino hasta la década de los setenta que se desarrollaron de manera determinada los primeros métodos de producción como respuesta ante la crisis energética mundial de 1973. Las primeras pruebas técnicas de aplicación en motores se realizaron en los primero

años de la década de los ochenta en Europa y en 1985 se construyó la primera planta piloto en Austria para la producción de este energético<sup>117</sup>.

Actualmente es una tecnología madura, capaz de aprovechar diversas materias primas que ha alcanzado un nivel comercial bastante competitivo en muchos países, principalmente en Europa Occidental.

*Waste* es una revista en línea que se dedica a la difusión de información sobre prácticas sustentables y mediante este espacio da a conocer innovaciones tecnológicas referentes a la protección de los recursos naturales que se encuentran en peligro, es así que el tema de los biocombustibles no es excepción de su contenido; en su página oficial se encuentra la siguiente definición sobre esta innovación tecnológica:

El biodiesel es un biocombustible líquido obtenido a partir de aceites vegetales que es resultante de productos agrícolas, como el girasol, soja, colza, palma, entre otros, con gran cantidad de aceite y que son utilizados como sustitutos de la gasolina.

Para producir el biodiesel, el aceite se extrae de la semilla cultivada posteriormente es refinado y sometido a la transesterificación, (se combina el aceite con un alcohol ligero, normalmente metanol). Como subproducto de la reacción química se genera la glicerina y ésteres derivados, que se emplea como materia prima de diferentes industrias, como la cosmética. El biodiesel puede usarse en su forma pura (100% biodiesel) o mezclado en cualquier proporción con diésel regular para su uso en motores de ignición a compresión; es así que el biodiesel es una fuente de energía limpia, renovable, de calidad y económicamente viable, que además contribuye a la conservación del medio ambiente<sup>118</sup>

Como indica la definición anterior, el biodiesel principalmente se produce a partir de aceites renovables, si bien la materia prima que se puede emplear para su producción es muy variada como la grasa animal, el aceite de cocina usado y aceites de microalgas, entre otros, no obstante las biomásas más abundantes y utilizadas para este biocombustible son los aceites vegetales ya que éstos pueden provenir de una variedad de cultivos, entre los que se encuentran:

(..) la colza, palma, soya, girasol, semilla de algodón, canola, coco y aceites de plantas oleaginosas (maní, maíz, lino) de los cuales con facilidad pueden llegar a ser sembrados o recopilados en el país, dándole una ventaja a este biocombustible. La I&D de estas materias primas es liderada principalmente

---

<sup>117</sup> Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, "Biodiesel una alternativa práctica como combustible limpio", No. 45 (2004): 27.

<sup>118</sup> S. Calle, Merche; Gómez, Juan Enrique, "Energías renovables", *Waste Magazine* [En línea] <http://waste.ideal.es/biodiesel.htm> (Consultado el 26 de abril del 2016).

por Estados Unidos, China, Japón, India, Argentina, Alemania y Turquía, en estos países se trabaja primordialmente en soya, colza, girasol y palma<sup>119</sup>.

Esta información se obtuvo respecto a la investigación documental y el monitoreo tecnológico dando como resultado la materia prima que estos países tienen disponible en sus tierras de cultivo y con las que hacen I&D así como difusión de sus resultados con publicaciones de artículos científicos, es decir, cada país investiga principalmente sobre la biomasa que tiene a su alcance, por ejemplo, Argentina es uno de los principales productores de biodiesel a nivel mundial y en todas sus investigaciones, artículos y páginas de internet menciona que ha sido a partir del aceite de soya; también se localizó información sobre el por qué estos países prefieren estas biomásas, por ejemplo, por su bajo precio ya que los aceites vegetales representan del 60% al 75% del costo final del biodiesel, no obstante se investiga permanentemente en busca de materias primas de menor costo, tales como las grasas animales y aceite de cocina usado; otra razón es por la tecnología disponible y madura con las que cuentan en los procesos y por su baja complejidad.

Otra fortaleza y justificación de su preferencia en países desarrollados es que al estar hecho de aceites naturales lo convierte en un combustible biodegradable que puede ser usado en motores de barco y lanchas al no presentar residuos tóxicos ni peligrosos con impacto contaminante en aguas de ríos y mares, lo convierte en una opción ideal para este tipo de actividades.

A nivel internacional empresas, industrias, negocios y gobiernos están invirtiendo en este biocombustible para presentarlo como una alternativa pro-ambiental que ayudaría a combatir el cambio climático y sustituir gran parte del consumo del petróleo en actividades terciarias (transporte y turismo); comúnmente estos casos de éxito se han dado en la Unión Europea, por sus altas inversiones poseen los primeros lugares en este tipo de innovaciones en ciencia y tecnología aplicable a la industria, infraestructura y a la elaboración e implementación de políticas de apoyo; con este combustible buscan cumplir con el Protocolo de Kioto<sup>120</sup> reduciendo los bonos de carbono de su porcentaje de contaminación

---

<sup>119</sup> Federico Ganduglia; Manual de biocombustibles; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); 2009, P. 70; [En línea] [http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual\\_Biocombustibles\\_ARPEL\\_IICA.pdf](http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf) Consultado el 7 de mayo del 2016.

<sup>120</sup>El Protocolo de Kioto compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero y es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), proporcionando la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme.

atmosférica, asimismo, se reducen las emisiones de dióxido de azufre en casi 100%, lo que evitaría la lluvia ácida y el efecto invernadero en la atmosfera.

Otras de sus ventajas que también es importante destacar, es el poder detergente del biodiesel, que mantiene limpios los sistemas de conducción e inyección del circuito de combustible de los motores.

Y aún más importante, este biocombustible respecto a los combustibles fósiles “no contiene ni benceno ni otras sustancias aromáticas cancerígenas”<sup>121</sup>, es decir, el biodiesel como combustible vegetal no está hecho de sustancias nocivas ni perjudiciales para la salud, a diferencia de los hidrocarburos fósiles que sí cuentan con componentes dañinos, por lo tanto la no emisión de estas sustancias contaminantes disminuye el riesgo de diversas enfermedades respiratorias, alérgicas, entre otras.

A pesar de sus muchas ventajas, este biocombustible también presente algunas desventajas y amenazas; “una de ellas es derivado de su mejor capacidad solvente que el diésel de petróleo por lo cual los residuos existentes son disueltos y enviados por la línea de combustible pudiendo atacar los filtros del motor, asimismo a bajas temperaturas puede empezar a solidificarse y formar cristales, que pueden obstruir los conductos del combustible”<sup>122</sup>.

Por sus propiedades solventes, puede ablandar y degradar ciertos materiales tales como el caucho natural y la espuma de poliuretano. Es por esto que puede ser necesario cambiar algunas mangueras y retenes del motor antes de usar el biodiesel; también la producción del biodiesel puede traer consigo costos elevados, primero, si aún no se tienen las instalaciones adecuadas como laboratorios, y plantas, entonces se deberá invertir en ellos; además, reporta una notable desventaja por su aún escaso desarrollo en México los costos de elaboración son elevados “incluyendo materias primas, servicios auxiliares, operación, depreciación y costo de retorno de capital para este biocombustible el cual llega a ser de 2.20 dólares/galón, mientras que para el diésel normal es de .85 dólares/galón”<sup>123</sup> y eso depende básicamente de la fuente de aceite y los procesos utilizados en su elaboración.

---

<sup>121</sup> Fundación Energizar, “Producción de Biodiesel”, Sección Desarrollo Humano [En línea] [http://www.energizar.org.ar/energizar\\_desarrollo\\_humano\\_cursos\\_biodiesel\\_introduccion.html](http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_humano_cursos_biodiesel_introduccion.html) (Consultado el 7 de mayo del 2016).

<sup>122</sup> Renovetec, “Qué es el biodiesel” [En línea] <http://www.plantasdebiomasa.net/index.php/paradas-y-grandes-revisiones/45-el-plan-de-mantenimiento-en-ctermosolares> (Consultado el 18 de mayo del 2016).

<sup>123</sup> Aguilar González, Jorge Luis, “Biodiesel, ejemplo notable de combustible alternativo”, *Energía a Debate* [En línea] [http://www.energiaadebate.com/Articulos/febrero\\_2006/jorge\\_luis\\_aguilar\\_gonzalez.htm](http://www.energiaadebate.com/Articulos/febrero_2006/jorge_luis_aguilar_gonzalez.htm) (Consultado el 18 de mayo del 2016).

Otra debilidad es que aún no está completamente calculado el riesgo alimentario que puede generarse en los tipos de cultivos de los que se obtienen los aceites, la misma situación que sucede con el bioetanol y más aún para países con poca superficie cultivable o de gran crecimiento poblacional que necesitan de extraordinarias cantidades de alimentos. Por ejemplo, “el rendimiento promedio para oleaginosas como girasol, maní, lino, arroz, algodón, soja o ricino ronda los 900 litros de biodiesel por hectárea cosechada”<sup>124</sup>, esta cantidad de producción no hace tan atractiva a esta opción, simplemente en territorios tan extensos como la India el cultivo de colza ocupa un 13% del suelo cultivable para producir aceite vegetal para biodiesel.

Otras debilidades se presentan en el área de logística de almacenamiento ya que es un producto líquido y degradable, por lo cual es necesaria una planificación exacta de su producción y expedición, ya que el producto se degrada notoriamente más rápido que el diésel hecho por petróleo.

El biodiesel cuenta con muchas fortalezas y oportunidades atractivas y sobretodo podría reducir estratégicamente la dependencia tecnológica, dado que los métodos para producirlo no son complejos; constituye una opción de gran trascendencia, especialmente para los países como México en el que son prioridades la generación de fuentes de trabajo, fortalecer la independencia tecnológica y mantener una cuidadosa administración de los recursos energéticos remanentes.

Sin embargo como se ha mencionado, también hay amenazas y debilidades como los altos costos y la falta de infraestructura que sin inversión y apoyo no podrá ejecutarse; como solución a este problema se debe tener en cuenta que al incrementar significativamente el consumo de biodiesel la escala de producción de las plantas se incrementará, con lo que los costos fijos de depreciación y retorno de capital por unidad disminuirán, es decir, se originará una economía de escala. De igual manera, el costo del aceite vegetal producido en forma masiva podría disminuir considerablemente, lo que acercará los costos de producción de ambos tipos de combustible.

Finalmente, la protección que se le brinda a las innovaciones en biodiesel es por medio de patentes, sobre todo en los procesos e investigaciones que se tienen para la recopilación de aceites con nuevas biomásas, no obstante, los procesos por los que se desarrolla este biocombustible no son complejos y en México se debería primero que nada vigilar o monitorear, aprender y desarrollar

---

<sup>124</sup> Universidad Nacional de Ingeniería, “Uso de Biodiesel en Motores diésel”, Instituto de motores de combustión interna [En línea] [http://www.motores.uni.edu.pe/pry\\_04.html](http://www.motores.uni.edu.pe/pry_04.html) (Consultado el 18 de mayo del 2016).



para comenzar a innovar; A continuación en la tabla 7 se mostrarán algunas patentes brindadas a los métodos de obtención del biodiesel que han sido concedidas a nivel internacional:

Tabla 7. Patentes concedidas a procesos de obtención de biodiesel

Método de producción de ácidos grasos para biocombustible, <b>biodiesel</b> , y otros productos					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
EUDES DE CRECY	EUDES DE CRECY [US]	<u>C10G2300/1011</u> <u>C10G2300/1014</u> <u>C10G2400/02</u>	C10L C11B C11C	ZA201100001 (B) 2011-09-28	2008-06-02
Sistema portable para una rápida preparación de <b>biodiesel</b>					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
TUDORAN CRISTIAN DANIEL [RO] SURDUCAN VASIL F. [RO]	INST NATIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII IZOTOPICE SI MOLECULARE [RO]		C10L1/02	RO131127 (A2) 2016-05-30	2014-11-07
Método para producir <b>biodiesel</b> usando salvado de arroz					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
KIM IN-HWAN [KR] CHOI NAKYUNG [KR]	UNIV KOREA RES & BUS FOUND [KR]	<u>C12N9/20</u> <u>C12P7/06</u> <u>C12P7/16</u>	C12N9/20 C12P7/06 C12P7/16	WO2016024694 (A1) 2016-02-18	2014-08-11
Método para producir <b>biodiesel</b> usando lodo					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
LIN HUALIN MA WENFEI	SHANGHAI INST TECHNOLOGY	<u>Y02E50/13</u>	C10G1/00	CN105219419 (A) 2016-01-06	2015-10-20
Método para producir <b>biodiesel</b> glicerina tratada					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
RODRIGUEZ-KABANA RODRIGO [US] WALKER ROBERT H [US]	UNIV AUBURN [US]	<u>A01N31/02</u> <u>A01N35/02</u> (+7)	A01N31/02 C05C9/00 C05G3/02	US2016037770 (A1) 2016-02-11	2007-03-02

Fuente. [European Patent Office](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol) Worldwide Espacenet Patent search [En Línea] [https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en\\_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol) (Consultado el 22 de mayo del 2016).

La búsqueda arrojó un resultado de 5,890 patentes concedidas a procesos, métodos y producción del biodiesel. En esta búsqueda de patentes se muestra que varios procesos para producción de este biocombustible ya han sido protegidos para que en cuanto se realiza un avance o mejora inmediatamente se manda a patentar y así la competencia respete los beneficios de cada inventor y

así poder ganar mercado; es lógico que este biocombustible al poder ser producido con una gran variedad de biomásas tenga mayor cantidad de patentes a nivel mundial. Los ejemplos de la tabla anterior muestran el interés que tienen países como Estados Unidos, China, Corea del Sur y Rusia sobre seguir innovando en la obtención de biodiesel; nótese que no es cualquier conjunto de países al contrario la competencia se encuentra entre las naciones más desarrolladas, lo que quiere decir que este negocio y mercado tienen mucho futuro aún por delante y del cual México podría formar parte.

#### **4.4 Producción de biocombustible a partir de CO<sub>2</sub>**

La actividad de reciclaje de botellas, latas y periódicos es tan sólo una pequeña acción para lograr un medio ambiente más limpio, no obstante, con las grandes cantidades de basura y contaminación que se producen en la sociedad estas actividades ya no son suficientes; es por eso que hoy en día aparecen otras ideas innovadoras que parten de la recolección y reutilización del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)<sup>125</sup> presente en los gases del efecto invernadero que en el mundo se generan masivamente cada día al quemar los combustibles fósiles. Y es justo lo que varios países, empresas emprendedoras e investigadores, esperan hacer exactamente.

Sin embargo, reciclar el dióxido de carbono es mucho más complejo que colocar diferentes cubos de basura para el vidrio, aluminio, y papel. Pero en muchos países como en España o Estados Unidos se cree que no sólo vale la pena el esfuerzo, sino que es un proyecto crucial. Se argumenta que el cambio climático es una amenaza tan grande para el planeta que cualquier iniciativa dirigida a solucionar el problema tendrá que incluir tecnologías que experimenten con los altos niveles de dióxido de carbono que hay en el planeta. Es por ello que surge la idea de crear biocombustibles a partir del CO<sub>2</sub>, tratando de hacer un ciclo que absorba los gases del efecto invernadero de la atmósfera y con ellos se pueda hacer algo productivo.

Es aquí donde procesos químicos como el de la fotosíntesis en producción de biocombustibles se ha vuelto de suma importancia. Muchas de las tecnologías actuales, como los biocombustibles derivados de biomasa de algas y lípidos han recibido vigilancia como tecnologías de sustitución de combustible fósil; estas tecnologías se basan en etapas intermedias de incorporación y recuperación de

---

<sup>125</sup> El Dióxido de carbón es un gas incoloro e inodoro que se encuentra en baja concentración en el aire atmosférico. El dióxido de carbono se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono.

CO<sub>2</sub> como biomasa para procesar combustibles útiles, aunque aún pueden ser sus costos elevados.

Los procesos para la obtención de biocombustible con esta biomasa básicamente se basan en “los organismos fotosintéticos como las cianobacterias, microalgas y las plantas, ya que ellos utilizan la energía de la luz para la conversión de materia inorgánica en materia orgánica en este caso el CO<sub>2</sub> en metabolitos orgánicos que posteriormente pueden ser utilizados como biocombustibles”<sup>126</sup>.

En el proceso de fotosíntesis las plantas usan la luz solar para procesar agua y dióxido de carbono con la finalidad de elaborar azúcares que usan luego para obtener energía utilizable por ellas. Un ciclo parecido ocurre mediante el metabolismo de los animales y el producido por el ser humano, en el que se queman las calorías de la comida para obtener energía utilizable.

Como ya se ha mencionado, con los azúcares de diversos cultivos se puede elaborar biocombustible mediante procesos como la fermentación para hacer etanol, pero ha resultado muy difícil extraerlos eficazmente, pues se encuentran atrapados dentro de las complejas paredes de las células además del riesgo alimenticio que representan.

No obstante, actualmente hay empresas que han buscado resolver los problemas que se dan con los cultivos y competir en el mercado con innovaciones en tecnologías y procesos que han hecho viable tomar el dióxido de carbono directamente de la atmósfera, a través de microorganismos que se pueden manejar mejor que los cultivos, y convertirlo en productos útiles como los biocombustibles y otras sustancias químicas de interés industrial, sin tener que pasar por el ineficaz proceso de sembrar plantas y extraer los azúcares como biomasa. A continuación se mencionarán algunos procesos de las organizaciones más competitivas en el tema.

Uno de los procesos que ha tenido éxito fue hecho por el equipo de Michael Adams, del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad de Georgia, Athens, Estados Unidos.

Este procedimiento es posible gracias a un microorganismo único llamado *Pyrococcus furiosus*, que se nutre de carbohidratos en las aguas muy calientes cercanas a las fumarolas hidrotermales del fondo del mar. Estas fumarolas

---

<sup>126</sup>Y., Chisti, “Biodiesel from microalgae beats bioethanol”, *Trends Biotechnol*, No. 26, Vol. 3 (2008): 31-126 [En línea] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18221809/> (Consultado 28 de mayo del 2016).

expelen agua marina calentada volcánicamente desde el subsuelo. Modificando el material genético de este organismo, Adams y sus colegas crearon un nuevo tipo de *P. furiosus* capaz de alimentarse a temperaturas mucho más bajas a partir del dióxido de carbono. El equipo de investigación usó hidrógeno para crear en el microorganismo una reacción química que incorpora el dióxido de carbono al ácido 3-hidroxipropiónico, una sustancia química de interés industrial, comúnmente utilizada para fabricar acrílicos y muchos otros materiales y productos. Asimismo, con otras manipulaciones genéticas de esta nueva cepa de *P. furiosus*, Adams y sus colaboradores lograron crear una variante que genera otros productos de utilidad industrial, incluyendo biocombustibles, a partir del dióxido de carbono.<sup>127</sup>

Finalmente, en la noticia se menciona que cuando el biocombustible creado gracias al *Pyrococcus furiosus* es quemado por los motores de los automóviles o de las industrias, se libera a la atmósfera la misma cantidad de dióxido de carbono que se extrajo de ella en el ciclo de elaboración, por lo que el balance neto de carbono es cero, convirtiéndolo en una alternativa renovable y sustentable, mucho más limpia que la gasolina, el carbón y otros combustibles ampliamente utilizados en nuestros días.

Otra opción exitosa en este tipo de tecnologías y procesos se presenta en una empresa ubicada en Alicante España llamada BFS Blue Petroleum; esta organización fue constituida a principios del 2006 por Bernard A.J. Stroïazzo-Mougin quien es presidente y fundador además de haber sido el inventor del *ciclo acelerado de conversión energética del CO<sub>2</sub>*, una tecnología basada en procesos físicos observados en la naturaleza y que utiliza:

**A. La energía solar como fuente principal de energía.** Cada segundo recibimos del sol una energía equivalente a la combustión de 3.000.000 de toneladas de petróleo, es decir, que en cada 4 segundos la energía recibida equivaldría al consumo diario mundial de petróleo (aproximadamente 85 millones de barriles al día). El reto para la humanidad es saber cómo convertir una parte de esa inmensa fuente de energía de manera eficaz, densa, continua, inagotable, almacenable y transportable.

**B. El CO<sub>2</sub> de las emisiones industriales como materia prima económica y renovable.** Nuestra forma de vida está basada en la química del carbono, esencial para el ecosistema vegetal y animal. Sin CO<sub>2</sub> las plantas no pueden vivir. El CO<sub>2</sub>

---

<sup>127</sup> Equipos y Laboratorios de Colombia; “Crear biocombustibles a partir del Co<sub>2</sub> del aire usando microorganismos modificados genéticamente” [En Línea] [http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=8136](http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=8136) (Consultado el 3 de junio del 2016).

original provino de la desgasificación de las capas magmáticas de la tierra a través de los volcanes. De su reducción surgió, por una parte, el oxígeno que respiramos actualmente y, por otra, las cadenas largas de moléculas de hidrocarburos que formaron el petróleo fósil que utilizamos en la actualidad. Todo ello se hizo con la participación fundamental del sol y los microorganismos marinos.

**C. El fitoplancton como intercambiador primario, simple y eficiente.** Fitoplancton y cianobacterias son organismos autótrofos que utilizan para su crecimiento un proceso fotosintético similar al de las plantas superiores. "Son verdaderas fábricas bioquímicas en miniatura capaces de regular el CO<sub>2</sub>". La concentración celular que existe normalmente en el agua del mar es del orden de 100 a 300 células por mililitro y pasan a unas concentraciones de 500 a 1.000 millones de células por mililitro en los bioreactores de BFS.

**D. Todo a través de un proceso de transfer hidrofotosintético y termoquímico con ayuda de catalizadores.** El proceso de BFS consiste en utilizar la energía luminosa para asimilar el CO<sub>2</sub> (un compuesto pobre en energía) y transformarlo en una sustancia con gran poder energético de forma acelerada.<sup>128</sup>

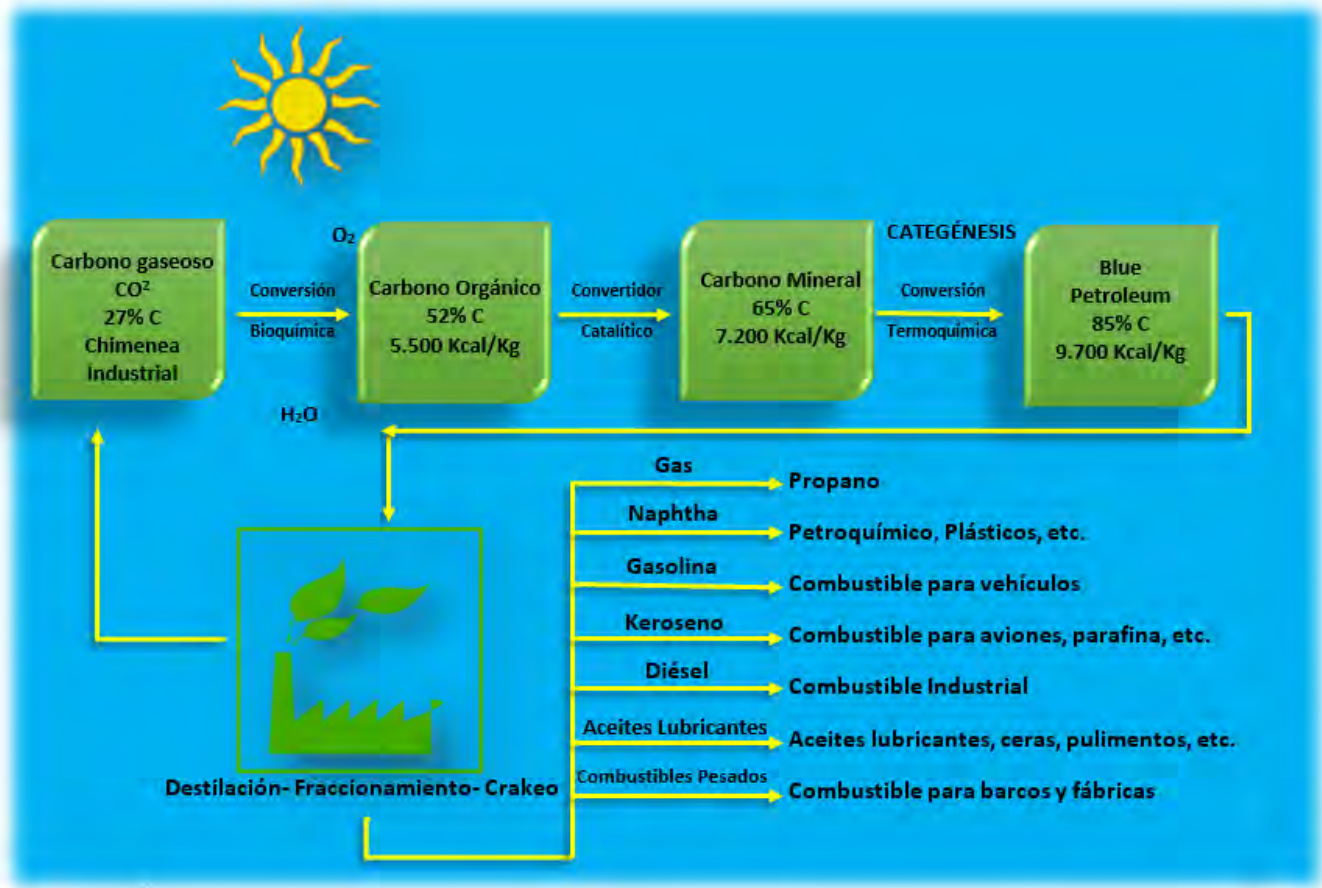
Como resultado, BFS Blue petroleum crea el primer aceite crudo artificial reductor del CO<sub>2</sub>; ha ideado el primer modelo tecnológico que sustituye a un proceso natural que tarda varios millones de años en llevarse a cabo, generando el mayor avance en los modelos energéticos en las últimas décadas. En primera instancia el proceso de esta tecnología comienza mediante una conversión bioquímica con agua del carbono gaseoso CO<sub>2</sub> el cual se vuelve orgánico y mediante un convertidor catalítico se transforma en carbono mineral, posteriormente se aplica conversión termoquímica que da como resultado el Blue Petroleum; una vez obtenido se le aplican procesos de destilación, fraccionamiento y craqueo<sup>129</sup> para que se deriven diversos productos industriales y gasolinas. (Ver diagrama 2):

---

<sup>128</sup> BFS Bio Fuel Systems, "Tecnología: Cómo la tecnología BFS participa en la resolución de estos retos" [En Línea] <http://www.biopetroleo.com/tecnologia/> (Consultado el 5 de junio del 2016).

<sup>129</sup> El craqueo o *cracking* se puede definir como el proceso químico por el cual un compuesto químico (normalmente orgánico) se descompone o fracciona en compuestos más simples. El craqueo es llevado a cabo por métodos térmicos y catalíticos.

Diagrama 2. Procesos de transformación del CO<sub>2</sub> a Biocombustibles y otros derivados



Fuente: Elaboración propia a partir de BFS Bio Fuel Systems, “Tecnología: Cómo la tecnología BFS participa en la resolución de estos retos” [En Línea] <http://www.biopetroleo.com/tecnologia/> (Consultado el 5 de Junio del 2016).

BFS menciona que ha desarrollado este proceso industrial capaz de solucionar dos problemas fundamentales de los combustibles fósiles en el sistema de vida actual; por una parte, neutralizar CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera por los distintos medios de transporte así como por las industrias; como en el diagrama 2 se muestra, las emisiones contaminantes son la base de un ciclo de reciclaje que funge como solución al segundo problema, que es la necesidad de una fuente de energía inagotable proveniente de una materia prima que sustituya progresivamente al petróleo fósil. Como resultado de este proceso se encuentran los productos refinados y derivados tales como la gasolina, gas, keroseno, diesel, aceites lubricantes y combustible pesado que pueden seguir siendo utilizados por los automóviles, aviones, barcos, industrias sin realizar modificación alguna para su consumo.

BFS Blue Petroleum ha patentado de manera internacional sus sistemas de conversión acelerada del CO<sub>2</sub> en energía y ha puesto en funcionamiento simultáneo los primeros reactores en los que se lleva a cabo el proceso acelerado de la formación del petróleo.

Este es el proceso que podría transformar el desarrollo de la historia de la humanidad ya que esta actividad cumple un hito histórico en el campo de la búsqueda de biocombustibles que sustituyan al petróleo fósil, siendo el primer modelo de planta industrial del mundo que obtiene biopetróleo duradero con las mismas características que el petróleo fósil, contaminando en menor cantidad.

A muy grandes rasgos, el desarrollo en investigación e ingeniería creada por BFS acelera el proceso de generación natural del petróleo pasando de varios millones de años a cuestión de días, como se aprecia en el diagrama. Al igual que el petróleo fósil lo utilizó hace millones de años, este biopetróleo precisa de una enorme cantidad de CO<sub>2</sub> para su formación siendo capturado de la chimenea de industrias contaminantes y de los escapes de los medios de transporte, es decir, ahora no irá a parar a la atmósfera sólo con objetivos dañinos puesto que siendo una biomasa primordial su emisión se vuelve el inicio de un ciclo sustentable.

Así, “para cada barril de Blue Petroleum BFS se utilizan 2.168 kilos de CO<sub>2</sub> antrópico que genera el efecto invernadero en el planeta, cantidad de la que 938 kilos jamás volverán a la atmósfera pese a que el combustible sea refinado como gasolina que posteriormente utilice un motor. La planta Blue Petroleum ONE ha sido creada como modelo para grandes campos biopetrolíferos que serán auténticos eliminadores de CO<sub>2</sub> industrial.”<sup>130</sup>

En resumen, como evaluación de esta innovación tecnológica, las fortalezas que indica BFS son:

- 1- Un petróleo limpio sin azufre ni metales pesados que elimina 938 kg de CO<sub>2</sub> por barril de las emisiones en la atmósfera y en caso necesario rápidamente biodegradable.
- 2- Un petróleo inagotable que utiliza y convierte continuamente el CO<sub>2</sub> en energía (2.168 kg por barril) biomasa que existe desde hace millones de años y que no necesita reemplazo, además de ayudar a cuidar las actuales reservas petroleras.
- 3- Un petróleo económicamente viable tanto por los precios de producción como

---

<sup>130</sup> BFS Bio Fuel Systems, “Industria: primera unidad mundial de conversión acelerada del CO<sub>2</sub> en combustible” [En Línea] <http://www.biopetroleo.com/industria/> (Consultado el 8 de Junio del 2016).



por la capacidad de amortización de las instalaciones debido al alto valor añadido de sus productos secundarios, esto lo hace competitivo respecto a los combustibles actuales.

4- Un petróleo denso de alto poder calorífico (9.700 kcal / kg) semejante a los combustibles fósiles

Las debilidades que se encuentran en esta tecnología son las siguientes:

1-Es siempre un reto pasar de escala del laboratorio al dominio completo de la cadena de producción industrial, si a ello se suma la baja inversión y falta de emprendimiento, el innovar en México en tecnologías como esta se vuelve muy difícil.

2- Aún las cantidades que se generan son muy pocas para satisfacer la demanda poblacional nacional, no obstante, el uso de estas biomásas a la larga para producir directamente combustibles, puede generar economías de escala y aumentar las cantidades de producto.

3- El CO<sub>2</sub> actúa como regulador térmico del planeta. Demasiado CO<sub>2</sub> supondría un incremento de la temperatura global, por otra parte, la falta de éste representa un incremento del riesgo de glaciación y la reducción de la fotosíntesis; aunque hoy en día lo que sobra es contaminación es preciso mencionar que incluso en este proceso se requiere de un equilibrio.

A pesar de las desventajas que presenta esta innovación, crear combustibles líquidos a partir del reciclaje del carbono podría ser importante a largo plazo para una sociedad que tiene que liberarse de su dependencia del crudo y no poner en riesgo la industria alimentaria mundial; hay opiniones de renombrados investigadores a nivel internacional como Ellen Stechel, Coordinadora de los Laboratorios Nacionales Watermelon del Departamento de Energía de los Estados Unidos de América en Albuquerque, Nuevo México, y en Livermore en California que aseguran que esta va a ser la opción que sustituya a los combustibles fósiles; Stechel afirma que: “los beneficios de la *combustión revertida* o de *cerrar el círculo* del CO<sub>2</sub> pueden ser enormes. Podríamos tener una tecnología que produzca los mismos combustibles que obtenemos del petróleo y preservar la infraestructura que tenemos hoy en día, dice, combustibles que podrían utilizarse tanto para los vehículos de hoy como para los del día de



mañana y lo mejor de todo es que estarían al alcance de la población, no como los automóviles eléctricos que son para unos cuantos”<sup>131</sup>.

Es cierto que existen otras iniciativas sustentables para el petróleo en la industria del transporte como lo son los coches eléctricos, sin embargo, pese a que ha habido mucho entusiasmo por parte de los consumidores y de las automotrices en promoverlos, es importante mencionar que aún esta opción muestra varias desventajas y costos muy elevados para la mayoría de las personas, además aún no se pueden proporcionar energía para la aviación, el transporte marítimo y terrestre a grandes distancias, asimismo la carga de éstas no es común realizarla en medio de una carretera o en centrales marítimas. Es por ello que el reciclaje de CO<sub>2</sub> con estas tecnologías debería ser el camino para conseguir introducir esta energía renovable como la opción sustentable al petróleo.

Finalmente, estos procesos ya han sido protegidos por medio de patentes, aunque al hacer la búsqueda en Espacenet salieron pocos resultados, lo que significa que esta área se encuentra iniciando, por lo que seguramente hay muchas organizaciones y países que están en competencia y no es una mala opción el hecho de que México también lo hiciera; a continuación se muestran algunas patentes de estos procesos.

---

<sup>131</sup> National Geographic, “Reciclado el Carbono: extrayendo combustible del aire”, *National Geographic On line* [En Línea] <http://www.nationalgeographic.es/noticias/energia/reciclaje-carbono> (Consultado el 10 de junio del 2016).

Tabla 8. Patentes concedidas a biocombustibles a partir de procesos por Co2

**Proceso para la preparación de biocombustibles usando algas**

Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
KOVACS SANDOR [NL] BRANDTS WIM [NL] (+1)	ENERGY KNOWLEDGE GROUP BV [NL] KOVACS SANDOR [NL] (+1)	<u>C12M21/02</u> <u>C12M25/00</u> <u>C12M25/01</u> (+6)	C12M1/00	WO2013037938 (A1) 2013-03-21	2011-09-15

**Fotobioconvertidor de energía inmerso en un medio líquido, mares y lagos para la obtención de biocombustibles mediante la fijación de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero**

★ Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
STROIAZZO-MOUGIN BERNARD A J [FR] MENGUAL MOLINA ROSA MARIA [ES]	BIO FUEL SYSTEMS S L [ES]	<u>A01G33/00</u> <u>C12M21/02</u> <u>C12M21/12</u> (+4)	B01D53/56 B01D53/62 B01D53/85 (+1)	TW200837189 (A) 2008-09-16	2006-10-02

**Bioprocesos e ingeniería de microbios para una utilización total de dióxido carbono en la producción de biocombustible**

Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
STEPHANOPOULOS GREGORY [US]	MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY [US]	<u>C12M23/58</u> <u>C12M43/00</u> <u>C12P7/10</u> (+8)	C12M1/00 C12M1/04 C12P1/00 (+5)	US2011177564 (A1) 2011-07-21	2010-01-15

**Biocombustible a partir de celdas de captación de dióxido de carbono**

Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
GERRITSE JAN [NL] SAAKES MACHIEL [NL] (+1)	NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO	<u>H01M4/8626</u> <u>H01M4/96</u> <u>H01M8/16</u> (+1)	H01M4/86 H01M4/90 H01M4/96 (+9)	US2005255345 (A1) 2005-11-17 US7833667 (B2) 2010-11-16	2002-06-28

Fuente. [European Patent Office](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=biofuel&AB=co2&PN=&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search) Worldwide Espacenet Patent search [En línea]  
[https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en\\_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=biofuel&AB=co2&PN=&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=biofuel&AB=co2&PN=&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search)  
(Consultado el 12 de junio del 2016).

En la tabla 8 se muestra la patente que le fue concedida a BFS petroleum, también se puede notar como fiel competencia el Massachusetts Institute of Technology de EUA y otras empresas de países bajos que también se encuentran invirtiendo fuertemente en estos métodos sabiendo que el negocio y mercado de este biocombustible será insólito.

#### 4.5 Producción de biocombustible a partir de PET

Los avances en el campo de los biocombustibles son muy prometedores pero no todos los interrogantes están despejados en el tema; algunos requieren como biomasa de los campos de cultivo lo que podría poner en peligro la seguridad alimentaria en la región que se desarrollen o el incremento en la tala de bosques y

un posible aumento de los precios de los alimentos; otros requieren de aceites animales o vegetales pero que de igual forma ponen en riesgo cultivos y crianza de animales, y hay otros que por medio de procesos parecidos a la fotosíntesis en plantas, algas o cianobacterias pueden hacer uso del CO<sub>2</sub> como biomasa fundamental; en la práctica, diversas materias primas pueden ser empleadas en la producción de éstos, sin embargo, se tiene que considerar que el costo de elaboración de cada litro o galón, depende categóricamente de las características de la biomasa utilizada y del tipo de proceso o tecnología instalada para su obtención. A estas investigaciones y desarrollos se suma la opción de biocombustibles a partir de plásticos reutilizables en específico de botellas de PET.

Debido a la resistencia del plástico frente a la degradación y su proliferación en la industria, el tema de la contaminación por plástico ha evolucionado hasta convertirse en una amenaza para la ecología global; como regla general, los plásticos utilizados no se degradan de forma natural y rápida, en gran medida cuando se libera en el ambiente ya que “todo el proceso es muy lento y puede tardar 50 años o más para que el plástico se degrade totalmente”<sup>132</sup>. La contaminación por plástico ha ido en aumento en áreas terrestres así como en marinas a causa de dos medios: a través de residuos domésticos e industriales, causando efectos peligrosos y ecológicamente dañinos.

Es así que las botellas de plástico conocidas como “envases PET por sus siglas en inglés (Poly ethylene terephthalate) es un cristalino semi-poliéster termoplástico”<sup>133</sup>, uno de los residuos que más contaminación producen además la gran mayoría de este plástico no es reciclado ya que por desgracia termina en los vertederos. Este plástico es uno de los materiales más abundantes y a la vez más contaminantes ya que hay gran cantidad de objetos, envases y elementos que se fabrican con ellos. Gran parte de los plásticos terminan como residuos al no ser reciclados lo cual es un gran error ya que es posible reutilizar los plásticos para producir combustible barato y sobre todo más limpio. “Se calcula que por cada

---

<sup>132</sup> Müller, R.-J.; Kleeberg, I.; Deckwer, W., “Biodegradation of polyesters containing aromatic constituents”, *Journal of Biotechnology*, No. 86 (2001): 87–95.

<sup>133</sup> Hayden K. Webb; et al., “Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Poly(ethylene terephthalate)”, *MDPI Polymers journal* (28 Diciembre 2012) [En línea] [http://www.marinedebris.info/sites/default/files/literature/Plastic%20Degradation%20and%20Its%20Environmental%20Implications%20with%20Special%20Reference%20to%20Poly\(ethylene%20terephthalate\).pdf](http://www.marinedebris.info/sites/default/files/literature/Plastic%20Degradation%20and%20Its%20Environmental%20Implications%20with%20Special%20Reference%20to%20Poly(ethylene%20terephthalate).pdf) (Consultado el 16 de junio del 2016).



El proceso de pirólisis se puede llevar a cabo de dos formas, lento o rápido, dependiendo de la temperatura aplicada y de la cual se obtienen diferentes productos. Actualmente, el proceso de pirólisis rápida es de gran importancia práctica, “ya que es un proceso con una alta velocidad de transferencia de calor a la biomasa y un corto tiempo de residencia del vapor caliente en la zona de reacción”<sup>136</sup> lo cual ha alcanzado un importante éxito comercial en la producción de sustancias químicas y está siendo activamente desarrollada para la producción de biocombustibles líquidos.

Esta es una propuesta sustentable que actualmente ha tomado fuerza para el reciclado de PET en países como Irlanda, Estados Unidos de América e increíblemente hay competencia por países como Egipto y últimamente se ha comenzado a desarrollar también en México.

Varias empresas realizan este tipo de biocombustibles tanto en Europa como en Estados Unidos; entre ellas se destaca “Cynar un emprendimiento en Irlanda que pueden fabricar con una tonelada de plásticos 665 litros de diesel, 190 litros de gasolina y 95 de Keroseno”<sup>137</sup>.

Poco a poco se está apostando a la utilización de plástico para elaborar combustibles lo cual resuelve dos problemas, por un lado la contaminación de los residuos de plásticos y por otro la escasez de petróleo y combustibles fósiles. Otro caso se ha dado en Egipto con:

“Meet Azza Abdel Hamid Faiad, una joven egipcia de 16 años de edad, estudiante de preparatoria desarrolló una manera de convertir los residuos de plástico no biodegradable y las botellas PET en biocombustible de combustión limpia. Teniendo en cuenta que en Egipto alrededor de 1 millón de toneladas de pilas de plástico son desechados en vertederos de basura cada año, su descubrimiento permitiría al país convertir toda esa basura en \$ 78 millones de dólares en etanol al año. Todo esto es posible gracias a un catalizador de aluminosilicatos compuesto por aluminio, silicio y oxígeno; los minerales de aluminosilicatos se han utilizado en el pasado para producir vidrio fuerte y resistente a los impactos, éste se encuentra en helicópteros y teléfonos inteligentes. Pero lo que descubrió Faiad fue que, como catalizador, también puede ser aprovechado para descomponer polímeros de plástico para producir

---

<sup>136</sup> *Ibid.* Pág. 3.

<sup>137</sup> Renovablesverdes.com, “Residuos de plásticos permiten fabricar biodiesel” (29 de Junio de 2011) [En línea] <http://www.renovablesverdes.com/residuos-de-plasticos-permiten-fabricar-biodiesel/> (Consultado el 18 de junio del 2016).

metano, propano y etano los cuales todos éstos se puede utilizar como materia prima para la producción de bioetanol”<sup>138</sup>

Esta joven fue reconocida con el premio European Fusion Development Agreement, asimismo patentó su innovación tecnológica en la Oficina de Patentes de Egipto y lo más importante de todo fue que ha despertado interés por el gobierno y el instituto de investigación del petróleo de Egipto por seguir apoyando su proyecto a nivel nacional.

En el caso de México también hay talento tan sólo hace falta apoyarlo, a continuación se menciona un ejemplo de un estudiante mexicano sobresaliente:

Valentín Gálvez Salas, estudiante mexicano de la Facultad de ingeniería química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) diseñó una máquina capaz de generar nuevas fuentes de energía, esto al convertir aceite de cocina en biodiesel y de las botellas de plástico en gasolina(...)Tan sólo en la ciudad de Puebla el PET representa alrededor del 13% de los residuos totales que se generan por mes, cantidad que podríamos reutilizar para la producción de combustibles que disminuyan las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmosfera, indicó;(…)la maquina tiene la capacidad de producir hasta 400 litros de biodiesel por hora y durante un periodo de ocho horas de trabajo continuo se obtendría el combustible suficiente para abastecer a 40 unidades de transporte público y el sistema de producción es escalable para una mayor producción, acotó.<sup>139</sup>

Esta idea fue incubada en el Centro de Innovación y Competitividad Empresarial (CICE) de la Universidad y busca concretar la idea de laboratorio con la creación de una compañía con el nombre de Emisión Mx; el proceso con el que cuenta esta innovación es realizado por medio de la pirólisis y busca patentarse en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

Es necesario el apoyo del sector público para poder llevar a cabo este proyecto no sólo en espacios pequeños como los propuestos por Gálvez refiriéndose a las universidades, sino que también es necesario de una mayor inversión para poder adaptar esta idea al transporte público nacional, que es donde realmente se consumen las grandes cantidades de gasolinas derivadas del petróleo. A continuación se muestran algunas patentes que poseen este proceso

---

<sup>138</sup> Nguyen, Tuan, “How to turn plastic bottles into \$78 million of biofuel”, *ZDNet Journal* (08 de }Agosto del 2012) [En línea] <http://www.zdnet.com/article/how-to-turn-plastic-bottles-into-78-million-of-biofuel/> (Consultado el 26 de junio del 2016).

<sup>139</sup> Milenio.com, “Crean máquina que convierte aceite y PET en combustible” (18 de Enero del 2016) [En Línea] [http://www.milenio.com/cultura/maquina\\_convierte\\_PET\\_en\\_combustible-invento\\_mexicano-biodiesel-Valentin\\_Galvez\\_Salas\\_0\\_667133309.html](http://www.milenio.com/cultura/maquina_convierte_PET_en_combustible-invento_mexicano-biodiesel-Valentin_Galvez_Salas_0_667133309.html) (Consultado el 30 de junio del 2016).

Tabla 9. Patentes concedidas a biocombustibles a partir de plásticos y PET

<b>Sistema de tratamiento de desechos de neumáticos, desechos plásticos, etc, para la conversión de biocombustible mediante pirólisis</b>					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
KUROIWA HIROAKI MASUI TETSUO	TOP CO LTD	<u>Y02W30/703</u>	B01D3/00 B01D3/42 B01D5/00	JP2014240460 (A) 2014-12-25	2013-06-11
<b>Procedimiento de pirólisis catalítica para obtener biocombustible a partir de materiales de polímeros de</b>					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
GONZALEZ EGIDO SERGIO DAVID [ES] SEDANO SANTAMARIA SERGIO [ES]	SEDAMIR RENOVABLES S L [ES] GONZALEZ EGIDO SERGIO DAVID [ES]	<u>C10B53/02</u> <u>C10B53/07</u> <u>C10B57/06</u> (+9)	C10B53/02 C10B53/07 C10B57/06 (+3)	WO2014041212 (A1) 2014-03-20	2012-09-12
<b>Equipo y método para generar biocombustible basado en una rápida pirólisis de biomásas</b>					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
WILKOMIRSKY FUICA IGOR [CL]	UNIV CONCEPCION [CL]	<u>B01J6/008</u> <u>B01J8/28</u> <u>C10B49/22</u>	B01J8/18 C10L5/44	US2011219680 (A1) 2011-09-15	2009-04-30
<b>Catálisis sólida súper ácida aplicada a la producción de combustible por mezclado de desechos plásticos</b>					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
XU JIANCHUN	SICHUAN TECHNOLOGY & BUSINESS COLLEGE		B01J27/053 C10G1/00	CN103846093 (A) 2014-06-11	2012-12-06
<b>Pirólisis de desperdicios de plástico mediante un sistema de producción continua de aceite-combustible</b>					
Inventor:	Applicant:	CPC:	IPC:	Publication info:	Priority date:
WU GONGYI ZHU JIANWEN	ZHANGJIAGANG SALEM FINE TUBING CO LTD		C10G1/00	CN204454999 (U) 2015-07-08	2014-11-22

Fuente.

Worldwide Espacenet Patent search [En línea]

[https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en\\_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=pyrolysis&AB=plastic&PN=&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=pyrolysis&AB=plastic&PN=&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC) (Consultado el 02 de julio del 2016).

La mayor parte de los procesos con los que se puede obtener biocombustible a partir de los desperdicios de plástico como biomasa son desarrollados mediante la pirólisis como se visualiza con estas patentes concedidas, no obstante, también hay métodos de catálisis con plástico como el desarrollado por la estudiante egipcia; en la búsqueda la mayor parte de las patentes concedidas han sido dadas a inventores de España, EUA, Chile, China, Ucrania, lo que representa que este negocio está en crecimiento y seguramente en los próximos años se desarrollará más de este tipo de industrias en todo el mundo.



#### **4.6 Producción de biocombustible a partir de basura y desperdicios.**

Una de las grandes desventajas que ha experimentado el planeta por el crecimiento poblacional ha sido la crítica situación en las ciudades por el crecimiento de residuos sólidos urbanos que se generan y como resultado se deriva una demanda incesante de nuevos sitios para su disposición final (basureros o terrenos baldíos); no obstante, ante esta situación los gobiernos no se han enfocado en políticas tendientes a la reducción en la generación, el reciclado y la recuperación de los materiales que componen a la basura, en lugar de eso se han presentado falsas soluciones que sólo agravan el problema.

Una de ellas, quizás la más conocida, es la incineración o combustión de los desperdicios urbanos. Esta opción ha sido constantemente rechazada por las comunidades debido a sus emisiones tóxicas así como una gran posibilidad de enfermedades, también representando la contradicción del manejo racional de los residuos y el cuidado ecológico. Lo que se logra con esta opción es la destrucción de la basura pero dejando como resultado emisiones tóxicas, enfermedades y cenizas, siendo más un problema que una solución. Es por ello que actualmente se comienzan a evaluar diferentes tecnologías para el tratamiento de dichos residuos.

En los últimos años han surgido una serie de tecnologías que prometen superar los problemas ya conocidos de la incineración convencional y, a su vez, generar energía “renovable”. Tales como la pirolisis que ya ha sido mencionada o la gasificación.

Estas nuevas propuestas prometen solucionar el manejo de la basura y de los desperdicios orgánicos, sin embargo, han estado probándose sin alcanzar un grado de madurez tal que las convierta en opciones realistas. Si bien algunos de estos procesos se han utilizado desde hace años para obtener gases combustibles a partir de carbón o petróleo, es muy poco lo que se ha logrado en materia de restos de basura.

Dado que existe hoy una verdadera ola de proyectos y propuestas en materia de tratamiento de residuos con recuperación de energía, la vigilancia tecnológica arrojó algunas opciones que son foco de atención por las inversiones que se están dando alrededor del mundo y que resulta importante estudiar a estas tecnologías, sus usos y riesgos potenciales.

Algunas de los procesos alternativos para obtener energía a partir de los desperdicios son:



**Biodigestión:** Es una opción ambientalmente segura. Se obtiene a través del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos, por medio de un proceso de digestión anaeróbico (sin presencia de oxígeno) mediante el cual diferentes grupos bacterianos utilizan la materia orgánica para alimentarse. Este proceso de descomposición de la materia genera una cantidad importante de gas metano, dióxido de carbono, algo de nitrógeno, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno. Por otro lado, el residuo digerido puede también ser de mucha importancia como enmienda orgánica de suelos, dado que no tiene olor y presenta características similares al humus. El gas generado, biogás, puede ser utilizado para calefacción o bien en generadores eléctricos.

**Gasificación, pirólisis y arco de plasma:** A diferencia de las plantas de incineración convencionales, las tecnologías de incineración por etapas o ATT (Tratamientos Térmicos Avanzados, por sus siglas en inglés) como la pirólisis, la gasificación y el arco de plasma, calientan los residuos a altas temperaturas en ambientes con baja presencia de oxígeno, creando residuos gaseosos, sólidos y líquidos que luego se someten a combustión... El arco de plasma consiste en la generación de una antorcha o columna de calor a una temperatura entre 1.600°C y 25.000°C dependiendo de la aplicación. Para conseguir esas temperaturas se pasa un gas inerte a través de dos electrodos donde circula una corriente eléctrica con el voltaje necesario para producir un arco eléctrico. Dicho arco eleva la temperatura del gas transformándolo en lo que se llama el cuarto estado de la materia, es decir, el plasma. Podría definirse al plasma como materia en estado gaseoso ionizado, formado por cantidades casi iguales de electrones e iones positivos. Se lo denomina plasma ya que posee características diferentes a los otros estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso)<sup>140</sup>.

Las principales diferencias entre estas tecnologías son los distintos niveles de temperatura que se utilizan en los procesos y la cantidad de aire u oxígeno presente en el proceso. Hay países donde simplemente estos procesos no se encuentran en sus planes de inversión e innovación, sin embargo, para otros grupos de empresas y equipos de investigación como los españoles, ecuatorianos, estadounidenses, son estratégicamente importantes tanto la materia prima como los procesos para una nueva generación de biocombustibles tratando así salvar el inconveniente de los combustibles fósiles así como de los elaborados a partir de productos alimenticios y transformando de paso los residuos en un combustible ecológico.

---

<sup>140</sup> Greenpeace.org, “Nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos urbanos: viejos riesgos y ninguna solución” (agosto del 2011) [En línea] <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/riesgos-tecnologias-residuos-urbanos.pdf> (Consultado el 08 de julio del 2016).

Estas tecnologías abren un abanico muy importante de opciones para obtener energía a partir de residuos, incluso algunas ya están siendo utilizadas, por ejemplo:

(...) en Ecuador la mayor parte de residuos que se procesan tienen origen orgánico (80%) y el otro 20% restante representa el plástico, cartón, vidrio, dándole al país un potencial para aprovechar esos desechos... El ingeniero químico Ricardo Narváez, director de investigación del Instituto Nacional de Energías Renovables, ideó una forma de convertir este tipo de biomasa en energía...La conversión -explica Narváez- incluye un proceso de trituración de los residuos. Luego esa materia se gasifica y con un complejo tratamiento se obtiene el biodiésel. La infraestructura piloto tiene la capacidad de procesar 50 kilos de residuos sólidos por cada hora que trabaja. Además la energía que usa es menor a la que generará. La idea es que cada ciudad utilice su basura y tenga una alternativa renovable de combustible, frente al tradicional que proviene de fósiles. Además se dará una salida sustentable al manejo de la basura, que representa un problema sanitario en el país. “En lugar de enterrar los desechos en los rellenos sanitarios, estos se pueden transformar”, sostiene Narváez.<sup>141</sup>

No obstante estos procesos, menciona Narváez, tienen una desventaja respecto a los residuos agrícolas o forestales, ya que los residuos sólidos urbanos son una materia prima muy variable y heterogénea y suponen una mezcla de plásticos, papel, restos de alimentos, metales, vidrios, residuos peligrosos domiciliarios, material electrónico, entre otros, con distintos compuestos químicos, niveles de humedad, poder calorífico, etc. Es decir, la composición física varía y afecta el funcionamiento y rendimiento de estos procesos por la necesidad de optimizar las condiciones para un insumo específico, implica que una planta operando exitosamente en algún lugar del mundo podría no funcionar en otra región o ciudad. Cuanto más mezclados lleguen los residuos a la planta de tratamiento, mayores son las dificultades que pueden esperarse.

Para llevar a cabo el tratamiento de los diferentes residuos o productos para que sean adecuados en la gasificación y la pirólisis buscando aminorar el impacto de las emisiones de sustancias tóxicas en los procesos, se traduce en muchos casos, en un aumento de la inversión de capital y de los costos operativos necesarios para poner en funcionamiento una planta, gastos que se trasladan a los municipios o ciudades.

---

<sup>141</sup> Granada, Amanda, “La basura sirve para generar biodiésel”; *Grupo El Comercio.com* (07 de septiembre del 2014) [En línea] <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/planeta-7-de-septiembre-2014/basura-generar-biodiesel> (Consultado el 08 de julio del 2016).

La reducción de las emisiones al aire se logra, en algunos casos, a expensas de una disminución de la eficiencia energética, lo que se traduce en un mayor uso de otros recursos como el agua lo que aumenta los costos, por lo que es necesario sopesar los verdaderos beneficios ambientales y económicos de estas tecnologías, agrega la Consultora Fitchner. Según esta Consultora, “no hay razón para creer que estas tecnologías y procesos (gasificación y pirólisis) sean más baratas que la combustión y es probable, de acuerdo con la información disponible, que, a medida que los procesos sean más complejos, se vuelvan más costosos<sup>142</sup> .

De cualquier manera, la viabilidad de estos biocombustibles reside en los desperdicios o basura como insumos siempre disponibles y aparentemente inagotables, es por ello que se enmarcan como una opción cada vez más necesaria entre las energías renovables, sin embargo, se debe estar atento de esta clase de biocombustibles puesto que podrían arrojar más dióxido de carbono que los combustibles fósiles, por lo que se debe tomar con precaución.

Aun con estas desventajas reveladas existen varios países que están invirtiendo y apostando en la transformación de los desperdicios como opción sustentable del manejo de la basura, por ejemplo:

Los biocombustibles fabricados con desechos vegetales y basura municipal en vez de cosechas de alimentos podrían reemplazar más de la mitad de la gasolina usada en la Unión Europea para 2020, dijeron analistas del sector del grupo Bloomberg New Energy Finance. El bloque de 27 países podría producir 90.000 millones de litros (24.000 millones de galones) del llamado etanol de la próxima generación en 2020, cerca de 65% del uso previsto de gasolina fósil, dijo el grupo londinense en el estudio. Al menos 100 refinerías al año podrían construirse en el bloque a partir de 2013, agregó. Aunque actualmente, la UE no tiene fábricas comerciales que refinan biocombustibles únicamente a partir de desechos por algunas desventajas y fracasos en operación que aún no se les da solución<sup>143</sup> .

Diversos proyectos tratan de dar solución a los inconvenientes que presentan los combustibles fósiles y las opciones elaboradas a partir de productos alimenticios, transformando de paso los residuos ganaderos e industriales o residuos urbanos en la materia prima para una nueva generación de

---

<sup>142</sup> Fichtcher Consulting Engineers Limited, “The Viability of advanced thermal treatment of MSW in the UK” (marzo del 2004): 4 [En Línea] [http://www.esauk.org/reports\\_press\\_releases/esa\\_reports/thermal\\_treatment\\_report.pdf](http://www.esauk.org/reports_press_releases/esa_reports/thermal_treatment_report.pdf) (Consultado el 10 de julio del 2016).

<sup>143</sup> Biodiesel y energías renovables; “Biocombustibles reemplazarían mas de un 50% de los combustibles fosiles de la union europea en 2020” (15 de septiembre del 2010) [En línea] <http://biodiesel.com.ar/4046/biocombustibles-reemplazarian-mas-de-un-50-de-los-combustibles-fosiles-de-la-union-europea-en-2020> (Consultado el 10 de julio del 2016).

biocombustibles de los cuales varios grupos de empresas y equipos de investigación muestran gran interés. A pesar de ello, en esta clase de biocombustibles no hay garantías de éxito, ya que son propensos a impactar fuertemente en los costos debido a las recurrentes fallas técnicas de estos procesos siendo una debilidad que se debe considerar, especialmente los agrietamientos del recubrimiento del reactor por las altas temperaturas y la corrosión lo que reduce las posibilidades de financiamiento.

Además hay que tener en cuenta que al igual que las plantas de incineración convencional, las empresas que promocionan estas tecnologías están sujetas a contratos a largo plazo (20 años o más) del financiamiento o subsidios públicos, y al ser los resultados un tanto inciertos se corre un considerable riesgo de perder lo invertido.

Debido a las dificultades mencionadas, la gasificación, la pirólisis y el plasma aplicados a la basura y residuos no son ampliamente difundidas; Actualmente existen algunas plantas en Japón en las que generalmente tratan residuos urbanos mezclados con otros residuos y en muchos casos optan por tratar otros insumos frente a las dificultades que plantean los desperdicios. En Europa como ya se ha mencionado, quieren operar comercialmente algunas plantas, por ejemplo, en Noruega, Finlandia, Alemania y Francia, aunque no todas exclusivamente con desperdicios o basura ya que en la última década, numerosos anuncios y proyectos no prosperaron y hubo fracasos que confirman las dudas sobre estos procesos.

Un ejemplo es la planta de la empresa Thermoselect en la ciudad de Karlsruhe, Alemania, uno de los incineradores de gasificación de residuos sólidos urbanos más grandes del mundo, que tuvo que cerrar en 2004 luego de años de mal funcionamiento, problemas operativos y grandes emisiones de sustancias tóxicas, además de las pérdidas de más de 400 millones de euros. Frente a este fracaso, se rechazaron propuestas de plantas de Thermoselect en las ciudades alemanas de Herten, Bremen, Berlín y Hanau y en la ciudad de Tessin, Suiza, cerca de las oficinas centrales de Thermoselect. Tampoco avanzaron los proyectos anunciados en El Líbano, Austria y Polonia<sup>144</sup>.

Finalmente, en este informe sobre la planta Thermoselect se menciona que aún en aquellos casos que logran un mejor funcionamiento de los procesos, la viabilidad técnica y económica representa una amenaza. En síntesis, parece ser que estas tecnologías aún no ofrecen solución para la gestión de residuos, ya que

---

<sup>144</sup>Greenaction for Health and Environmental Justice, "Informe: Incineradores disfrazados. Estudios de casos sobre el funcionamiento de las tecnologías de gasificación, pirólisis y plasma en Europa, Asia y Estados Unidos" (abril de 2006) [En línea] [https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1421/Incineradores\\_Disfrazados.pdf](https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1421/Incineradores_Disfrazados.pdf) (Consultado el 10 de julio del 2016).

ha habido graves problemas ocurridos en algunas plantas en estas últimas décadas que evidencian que no sólo tienen los mismos impactos negativos que las incineradoras convencionales sino que, además, son más riesgosas y han sido menos probadas.

Justamente este tipo de opciones surgen principalmente por la búsqueda de alternativas a la incineración como intento por lograr una disminución de las emisiones tóxicas y una mayor eficiencia energética pero parece ser que la gasificación, pirólisis y plasma han demostrado tener mayores desventajas así como amenazas además de no tener datos disponibles concretos que respalden que son una alternativa viable para gestionar los residuos orgánicos y la basura. Por ejemplo: “Unas pruebas realizadas en una planta piloto de pirólisis en basura ubicada al sur de California demostraron la emisión de más dioxinas, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y material particulado que las plantas incineradoras convencionales de la región.”<sup>145</sup>

Lo que demuestra que los impactos centrales de estos procesos tecnológicos, cualquiera que sea el tipo de incinerador del que se trate, siguen siendo los mismos: es tóxica para la salud pública, es nociva para la economía y para el ambiente puesto que en lugar de ser un beneficio, lo perjudica más.

#### **4.7 Evaluación y Comparación de las ventajas y desventajas en los biocombustibles monitoreados**

Para finalizar este capítulo se presenta a continuación la tabla 10 en la cual se resumen tanto las ventajas como las desventajas que arrojaron los biocombustibles monitoreados con el objetivo de facilitar su análisis y poder seleccionar uno de ellos como alternativa para la habilitación en México.

Asimismo, busca poner en evidencia a la opción que mayor éxito ha tenido y que sobre todo tiene un potencial de crecimiento en el cual México podría tener accesibilidad ya que es un área poco explorada; también se enfatiza en la posibilidad de tener los insumos requeridos para la producción del biocombustible, el costo-beneficio en los procesos, el rendimiento y el hecho de que pueda ser escalada a nivel nacional.

---

<sup>145</sup> Alianza Global por Alternativas a la Incineración, GAIA, “Una industria que vende humo” (junio de 2009) [En línea] <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/unaindustriaquevendehumofinal.pdf> (Consultado el 12 de julio del 2016).

Tabla 10. Ventajas y desventajas sobre los biocombustibles monitoreados para México

Biocombustibles	Ventajas	Desventajas
<p><b>1. Bioetanol a partir de cultivos energéticos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gran variedad de biomásas relacionados a cultivos de Azúcar, feculentos y celulósicos</li> <li>✓ Los procesos de fermentación, destilación y sacarificación son ampliamente conocidos y desarrollados</li> <li>✓ Se puede mezclar hasta en un 85% con gasolina convencional</li> <li>✓ Es una industria en crecimiento con favorables pronósticos económicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Al uso de estos cultivos como materia prima se generan discusiones entre la población puesto que son alimentos básicos y podrían generar una amenaza en torno a la seguridad alimentaria.</li> <li>➤ Grandes cantidades tierra cultivables dirigidas a los biocombustibles.</li> <li>➤ Algunos procesos de fabricación son continuamente costos</li> <li>➤ Gran tiempo de espera para el cultivo</li> <li>➤ Aún bajo rendimiento respecto a su producción L/Ton</li> <li>➤ Todos los procesos existentes se encuentran ya patentados</li> <li>➤ En su combustión aún se continua contaminando el medio ambiente aunque no a nivel como los combustibles fósiles lo hacen</li> </ul>
<p><b>2. Biodiesel a partir de cultivos energéticos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tecnología madura, capaz de aprovechar diversas materias primas que ha alcanzado un nivel comercial bastante competitivo en muchos países.</li> <li>✓ Gran variedad de productos agrícolas, como el girasol, soja, colza, palma, entre otros, con gran cantidad de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Por sus propiedades solventes, puede ablandar y degradar ciertos materiales tales como el caucho natural y la espuma de poliuretano. Es por esto que puede ser necesario cambiar algunas mangueras y retenes del motor antes</li> </ul>

aceite y que son utilizados como sustitutos de la gasolina.

- ✓ Puede usarse en su forma pura (100% biodiesel) o mezclado en cualquier proporción con diésel regular para su uso en motores.
- ✓ Bajo precio de producción, ya que los aceites vegetales representan del 60% al 75% del costo final del biodiesel
- ✓ Al estar hecho de aceites naturales lo convierte en un combustible biodegradable que puede ser usado en motores de barco y lanchas al no presentar residuos tóxicos ni peligrosos con impacto contaminante en aguas de ríos y mares, utilizable para actividades turísticas y de pesca
- ✓ Se reducen las emisiones de dióxido de azufre en casi 100%.
- ✓ El uso de biodiesel puede extender la vida útil de los motores, porque posee un alto poder lubricante y protege el motor reduciendo su desgaste así como sus gastos de mantenimiento.
- ✓ Respecto a los combustibles fósiles no contiene ni benceno ni otras sustancias aromáticas cancerígenas.

de usar el biodiesel

- La producción del biodiesel puede traer consigo costos elevados, si aún no se tienen las instalaciones adecuadas como laboratorios, y plantas, entonces se deberá invertir en ellos
- Por su aún escaso desarrollo en México los costos de elaboración son elevados incluyendo materias primas, servicio auxiliar, operación, depreciación que para este combustible aproximadamente llega a ser de 2.20 dólares/galón, mientras que para el diésel normal es de .85 dólares/galón.
- No está completamente calculado el riesgo alimentario que puede generarse en los tipos de cultivos de los que se obtienen los aceites pero atenta contra la seguridad alimentaria.
- Muy poco rendimiento promedio por la cantidad de tierra necesaria para su cultivo.
- Se degrada notoriamente más rápido que el diésel hecho por petróleo
- Al ser una tecnología de alto impacto, la accesibilidad es poco ya

		que los procesos de esta innovación se encuentran patentados.
<p><b>3. Biocombustible a partir de CO<sub>2</sub></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los procesos se basan en “los organismos fotosintéticos como las cianobacterias, microalgas y las plantas, ya que ellos utilizan la energía de la luz para la conversión de materia inorgánica en materia orgánica en este caso el CO<sub>2</sub>.”</li> <li>✓ Se libera a la atmósfera la misma cantidad de dióxido de carbono que se extrajo de ella en el ciclo de elaboración, por lo que el balance neto de carbono es cero o menor.</li> <li>✓ La energía solar como fuente principal de energía en los procesos fotosintéticos.</li> <li>✓ El CO<sub>2</sub> de las emisiones industriales es materia prima renovable</li> <li>✓ Se genera un biocombustible limpio sin azufre ni metales pesados que elimina 938 kg de CO<sub>2</sub> por barril de las emisiones en la atmósfera y en caso necesario rápidamente biodegradable.</li> <li>✓ Económicamente viable tanto por los precios de producción como por las inversiones que requieren las instalaciones.</li> <li>✓ Las microalgas, cianobacterias o fitoplancton se reproducen rápido y constante, no hay largos tiempos de espera.</li> <li>✓ El agua que se utiliza en los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La baja inversión y falta de emprendimiento, son factores que afectan el innovar en México, y en tecnologías como esta se vuelve muy difícil.</li> <li>➤ Aún las cantidades que se generan son muy bajas para satisfacer la demanda poblacional nacional.</li> <li>➤ Aunque hoy en día lo que sobra es contaminación es preciso mencionar que incluso en este proceso se requiere de un equilibrio.</li> <li>➤ Algunos de los procesos ya se encuentran protegidos con patentes</li> <li>➤ Inversiones iniciales costosas</li> </ul>



	<p>bioreactores puede ser reutilizada para no desperdiciar grandes cantidades</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se puede poner una planta en cualquier lugar disponible incluso en desiertos, ya que lo que se requiere es sol.</li> <li>✓ Se produce un biocombustible denso de alto poder calorífico (9.700 kcal / kg) semejante a los combustibles fósiles.</li> <li>✓ Esta tecnología aún no cuenta con un alto nivel de desarrollo e investigación, teniendo accesibilidad y oportunidad a generar nuevos procesos, mercados y patentes.</li> <li>✓ Capacidad para ser escalable a nivel nacional</li> </ul>	
<p><b>4. Biocombustible a partir de PET</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción de contaminación por plástico en áreas terrestres así como en marinas</li> <li>✓ El plástico es uno de los materiales más abundantes ya que hay gran cantidad de objetos, envases y elementos que se fabrican con ellos.</li> <li>✓ El proceso de pirolisis con el que se crea ya es ampliamente utilizado y desarrollado.</li> <li>✓ Representa un uso y limpieza para los grandes depósitos de basura de los que varios países se encuentran atrapados.</li> <li>✓ Hay accesibilidad ya que aún se pueden generar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Las cantidades de combustible que se generan son muy bajas para la demanda nacional; se calcula que por cada tonelada de residuos de plásticos se puede fabricar alrededor de 760 litros de biodiesel.</li> <li>➤ El proceso de pirolisis con el que se genera es altamente contaminante, al quemar los plásticos se genera más contaminación en el aire.</li> <li>➤ Falta de apoyo en México por parte del sector público y privado para este tipo de proyectos.</li> <li>➤ Las instalaciones</li> </ul>

	<p>innovaciones puesto que este campo comienza a tomar interés en varios países y así poder patentar.</p>	<p>requeridas son costosas y requieren de un costoso mantenimiento.</p>
<p><b>5. Biocombustible a partir de basura y desperdicios</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grandes cantidades de basura como insumo para la producción de biocombustible.</li> <li>✓ Solución para limpieza y reducción de grandes basureros que pueden ser utilizables para otras actividades</li> <li>✓ La biodigestión Gasificación, pirólisis y arco de plasma aparecen como procesos innovadores que generan productos y un área de oportunidad que va en crecimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Procesos como la combustión o la incineración son ampliamente rechazados por los altos gases tóxicos y contaminantes al medio ambiente.</li> <li>➤ Estos procesos son generadores de enfermedades.</li> <li>➤ Aún las cantidades que se producen son bajas para la demanda nacional.</li> <li>➤ En esta clase de biocombustibles no hay garantías de éxito, ya que son propensos a impactar fuertemente en los costos debido a las recurrentes fallas técnicas de estos procesos siendo una debilidad que se debe considerar, especialmente los agrietamientos del recubrimiento del reactor por las altas temperaturas y la corrosión lo que reduce las posibilidades de financiamiento.</li> <li>➤ Las instalaciones requieren de altas inversiones iniciales y posteriormente costosas para los mantenimientos del equipo.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Extrema precaución en el proceso para el personal.</li> <li>➤ La accesibilidad en esta opción es muy baja puesto que los procesos requeridos ya se encuentran protegidos.</li> </ul>
--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10 compara las principales ventajas y desventajas que poseen los biocombustibles en este estudio con el objetivo de mostrar cual es la mejor opción respecto a los factores, económicos, técnicos y ambientales que son características que debe tener el biocombustible seleccionado para su habilitación en México; en este caso, paso algo que incluso no se tenía pensado ni se sabía de tal tecnología la que presento mayores ventajas y que aún está en etapas tempranas de investigación y desarrollo, lo cual puede beneficiar al país para la entrada en la competencia.

A partir de la comparación y evaluación de las ventajas y las desventajas que muestra la tabla así como de la información exhibida en el desarrollo de cada uno de las opciones, se hizo la selección del biocombustible más factible y adecuado para el país, el cual se desarrollará en el siguiente apartado, junto con un breve contexto sobre lo que ya se ha desarrollado en el caso de biocombustibles en México, es decir, de lo internacional ahora se pasa al estudio de lo nacional, para poder comprender la realidad del país en esta área. Asimismo, en esta última parte se justifica la elección del biocombustible que mayores ventajas posee mediante la propuesta de habilitación y al final se señalan las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

# Capítulo 5

## Propuesta

**E**n este último capítulo se tiene como objetivo proponer una opción de desarrollo e implementación viable para México respecto a los biocombustibles que fueron monitoreados, comparados y evaluados a partir de las características técnicas, económicas y ambientales presentadas en el capítulo anterior con el propósito de tomar la mejor propuesta de producción y uso de estas tecnologías con base en las ventajas, desventajas, amenazas, dificultades y éxitos experimentados en los diferentes países que se han desarrollado.

Asimismo, se mencionarán los biocombustibles que ya han sido producidos y aplicados en México con fin de indicar cuáles son las desventajas que han presentado. También, se presentará el marco regulatorio existente para este tipo de tecnologías en el país, primero para observar la normatividad y restricciones que giran en torno a éstas y segundo, para indirectamente observar el apoyo que brinda actualmente el gobierno federal para su desarrollo.

### **5.1. Biocombustibles desarrollados en México**

Es hasta las últimas décadas del siglo pasado cuando la humanidad comienza a concientizarse respecto al uso y abuso indiscriminado de recursos naturales como el petróleo en el planeta y las repercusiones que los combustibles fósiles generaban especialmente con el esparcimiento de gases nocivos para la atmósfera, puesto que se comenzaba a romper la capa de la biosfera elevando la temperatura de la tierra y modificando drásticamente las características climáticas mediante un proceso de constante deterioro del medio ambiente. A pesar de estos escenarios, los gobiernos, en su acelerada carrera industrial, no repararon en los graves efectos que estaban causando.

Ante este problema mundial, la investigación científica, la tecnología aplicada y la producción industrial se han orientado a la utilización de nuevas fuentes energéticas. En el caso de México, de igual forma cada vez son más las inversiones destinadas a las energías limpias y renovables, proyectos científicos y

empresariales que apuestan por el cuidado de la naturaleza, hoy en día comienzan a ser primordiales buscando diversificar la oferta energética e incrementar el uso de vías sustentables por razones estratégicas, económicas y ambientales. Los biocombustibles pueden jugar un papel destacado en este esfuerzo, pero es importante que su producción y su uso se apeguen a criterios sustentables para que en México se pueda contribuir a resolver los problemas de escasez, explotación y daños ocasionados al medio ambiente demostrando una gestión responsable de sus recursos.

La primera condición que debe cumplir un proyecto de desarrollo de un biocombustible es, que éste debe demostrar tener un beneficio para la sociedad y ser sustentable con el entorno natural.

Por lo tanto, se considera que es necesario garantizar principalmente los siguientes puntos: *(a) la producción del biocombustible debe contribuir en la competitividad económica regional y nacional, (b) no debe impactar indebidamente a la calidad del aire, el agua, cultivos y suelo, y (c) debe reducir efectivamente la emisión neta de gases de efecto invernadero.*

Para cumplir con los puntos señalados, se debe hacer una adecuada planificación y selección de las biomásas para su desarrollo con el fin de no llegar a afectar el potencial de mitigación de los gases tóxicos en el aire, por lo que se debe buscar reducir ante todo “las emisiones provenientes de la industria automotriz que oscilan entre 60% y hasta un 120% de gases de efecto invernadero emitidos por los combustibles fósiles”<sup>146</sup>.

Una condición primordial para el biocombustible que se produzca en el país es que la materia prima que se utilice para su producción no debe competir con el suministro alimentario y por lo tanto no debe de contribuir al incremento de precios en los alimentos, ni provocar la escasez de los mismos ya que esto puede ser una gran desventaja en contra de su producción. Así sucedió en 2008 cuando se presentó un aumento de los precios en la industria alimentaria; y en parte, los responsables de este aumento fueron tres grandes factores como “los cambios mundiales en la producción y consumo de productos básicos, la depreciación del peso y el crecimiento de los cultivos dirigidos a la producción de biocombustibles”<sup>147</sup>; lógicamente lo que se busca con esta tecnología es no afectar

---

<sup>146</sup> Anselms Eisentraut, “Sustainable production of second-generation biofuels. Potential and perspectives in major economies and developing countries. At International Energy Agency” (febrero 2010).

<sup>147</sup> Al-Riffai, Perrihan; Dimaranan, Betina; Laborde, David, “Global Trade and Environmental Impact Study of the EU Biofuels Mandate”, *Final Report. ATLASS Consortium* (marzo del 2010).

negativamente a la producción de alimentos o a sus mercados ya que no se trata de resolver un problema generando otro.

Otro aspecto importante es, que no se debe afectar a la biodiversidad ni contribuir a la deforestación ya que entre los procesos de producción de los biocombustibles hay algunos que requieren de la extracción de residuos forestales, plantas o vegetales, lo que puede afectar negativamente el balance local de nutrientes y aumentar el riesgo de erosión; es decir, la búsqueda y generación de las biomásas adecuadas para la producción de ciertos biocombustibles puede afectar el balance de carbono de los bosques o pastizales, por lo que combatir la deforestación sería una mejor estrategia de mitigación de cambio climático incluso más sustentable, que la conversión de bosques para la producción de biocombustibles. Es entonces, que se debe buscar que la producción de biocombustibles ayude a que las naciones cumplan con sus compromisos internacionales para reducir la pérdida de biodiversidad; por ello hay que ser muy cuidadosos con la propuesta de proyecto, para no afectar otros sectores industriales o naturales, ya que incluso con el retiro excesivo de los residuos de cultivos se puede terminar afectando la calidad del suelo y su biodiversidad al tener que producir en temporadas que no sea permisible.

Los factores anteriores se deben tomar en cuenta para generar una política responsable por el medio ambiente al promover los biocombustibles en México, así como aprovechar los resultados mencionados con el monitoreo, las experiencias y el conocimiento internacional que hasta al momento han sido muy abundantes, para encontrar un camino hacia el desarrollo energético sustentable.

Algunos de los sistemas de producción de biocombustibles que se han propuesto y adoptado en otros países, no cumplen con los criterios de sustentabilidad antes mencionados; sin embargo, se han justificado por las circunstancias económicas y energéticas que han experimentado localmente, escenarios que son muy diferentes a los que prevalecen en México. Por lo tanto, no se pueden adoptar directamente las estrategias desarrolladas en otros países sin evaluarlas a plenitud, con gestión y conciencia, ya que pueden estar ligadas a contextos muy diferentes al del país. Por ejemplo, Brasil y Estados Unidos simplemente en territorio son muy diferentes a México. Por otra parte, en el cuadro de ventajas y desventajas de los biocombustibles monitoreados queda claro que no cualquiera de ellos contribuye realmente a disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera y éste es uno de los argumentos que más se debe usar para impulsar su uso; de hecho, en muchos casos el efecto neto es perjudicial, ya que en lugar de combatir el cambio climático, se le promueve. Un ejemplo muy claro es la cantidad de gases contaminantes que son producidos a

partir de las técnicas de pirolisis o cualquier otro tipo de incineración aplicados a desechos, plástico o basura.

Para asegurarse que los biocombustibles realmente contribuyan a resolver el calentamiento global, actualmente “hay una normatividad que está en desarrollo en California y en Europa la cual contempla regular la forma en que se producen los biocombustibles, a fin de garantizar que su impacto climático sea positivo. Con el mismo propósito se está desarrollando un sistema internacional de certificación para la producción sustentable de biocombustibles. Por estas razones, hacer obligatorio el uso de combustibles de origen renovable sin regular la forma en que se producen implicaría costos económicos y ambientales que puedan resultar contraproducentes”<sup>148</sup>. En México, cualquier legislación que se establezca para promover el uso de estos productos debe incluir mecanismos de certificación y monitoreo que garanticen que realmente se alcancen los beneficios esperados.

Siguiendo la experiencia internacional, el gobierno mexicano se ha enfocado principalmente en la producción de biocombustibles líquidos tales como el bioetanol y el biodiesel. Al respecto, la Secretaría de Energía de México, patrocinada por el Banco Interamericano de Desarrollo y la Cooperación Técnica Alemana, llevó a cabo un estudio titulado “Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México”<sup>149</sup>, el cual presenta un diagnóstico de las posibilidades del bioetanol y biodiesel como combustibles para el transporte en México

De acuerdo con dicho estudio existe una oportunidad trascendental para que México emprenda la producción de los biocombustibles a gran escala con base en criterios como los costos, la necesidad de inversión en tecnologías sustentables, el índice a la baja de combustibles fósiles y la mitigación de altas emisiones de gases de efecto invernadero. En el estudio mencionado se seleccionó a la caña de azúcar como el cultivo más promisorio; sin embargo, como se ha mencionado, este tipo de procesos llegan a afectar a la industria alimentaria por el uso de suelo de cultivo dirigido a los energéticos, los cuales requieren de grandes cantidades de espacio y constantes cuidados; por lo que en este estudio no se visualizo la problemática que giraba en torno a esta otra industria.

---

<sup>148</sup> Centro Mario Molina; “Nuestras opiniones sobre los biocombustibles en México” [En línea] <http://centromariomolina.org/aumento-de-temperaturas-en-el-norte-de-mexico/> (Consultado el 18 de julio del 2016).

<sup>149</sup> “Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México” (noviembre del 2006) [En línea] [http://www.sener.gob.mx/res/169/Biocombustibles\\_en\\_Mexico\\_Estudio\\_Completo.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/169/Biocombustibles_en_Mexico_Estudio_Completo.pdf) (Consultado el 18 de agosto del 2016).

Por eso en estos últimos años se han emprendido varios proyectos inclinados a la producción de biocombustibles buscando no afectar a otras industrias o sectores, aminorando riesgos y con mayores ventajas ambientales; por ejemplo, “en México hay proyectos que buscan aprovechar los desperdicios de la industria; ideas que incluyen a los hoteles y restaurantes, mediante sus aceites comestibles que desechan como material indispensable para la producción de biodiesel. Y en la industria de la agricultura, existen científicos que desarrollan procesos para aprovechar retazos y bagazo para la producción de bioetanol en el sur del país, con estos mismos sobrantes se genera energía eléctrica.”<sup>150</sup>

A pesar del desarrollo de estos proyectos a la fecha no se ha distinguido una opción viable y sustentable para los combustibles fósiles y que no emita gases tóxicos. Las debilidades de estas tecnologías radican en las bajas cantidades de biocombustibles que generan y en que aun siendo bajas las cantidades de producción, se requieren de grandes zonas de cultivo o de grandes cantidades de aceites de desecho. Por ejemplo, en los siguientes casos se ilustran experiencias fallidas de producción y desarrollo de un biocombustible:

México se ha considerado innovador en el uso de biocombustible por parte de las aerolíneas. Su producción a base de jatrofa ha permitido un ahorro de 1,437 litros de combustible y 4.5 toneladas de emisiones de dióxido de carbono. Son cifras optimistas, que esconden una falla en su producción. De 4 mil metros cuadrados de cultivo de jatrofa, se obtienen 700 litros de combustible al año(...).El biocombustible derivado de la jatrofa tiene un costo muy alto en cuanto impacto ambiental puesto que estos tipos de cultivo requieren grandes espacios, claro, en monocultivo e importantes cantidades de agua, para generar tan sólo un poco de energía verde<sup>151</sup>.

Otro caso parecido al anterior, se dio en la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) donde Juan Fernando Rocha Mier coordinador de Proyectos Agropecuarios del campus Jalpan a mediados del 2014 impulsó un proyecto de producción de biodiesel a partir del aceite de la planta de jatrofa; en este proyecto se informó que se requerían de:

(...) seis mil 800 metros cuadrados repartidos en tres parcelas experimentales para la siembra de jatrofa: dos mil metros cuadrados en la comunidad de Concá, en el municipio de Arroyo Seco; tres mil en El Terrero, Tolimán, donde también hay higuera; y mil 800 en Palo Verde, Landa de Matamoros;...Indicó que de una

---

<sup>150</sup> Santoyo, Becky, “El impulso a la producción de biocombustible en México”; *Veo Verde* (04 de septiembre del 2014) [En línea] <https://www.veoverde.com/2013/09/el-impulso-a-la-produccion-de-biocombustible-en-mexico/> (Consultado el 18 de julio del 2016).

<sup>151</sup> *Ibíd.*



hectárea de jatrofa, se obtienen 600 kilos de semilla el primer año, es decir, de 180 a 200 litros de biodiesel al año, pero es hasta el quinto año cuando alcanza su potencial de producción, creciendo de manera exponencial, pues se extraerán 6 mil kilos por hectárea, con lo cual se producirían dos mil 400 litros de biodiesel<sup>152</sup>.

El problema en esta opción radica en dos puntos, primero que la producción del biodiesel es muy reducida, con esa cantidad de litros sólo puede ser considerado para un proyecto de uso escolar, es decir, para poderlo llevar a la industria o a nivel nacional la producción necesitaría de una cantidad inmensa de kilos de jatrofa, a lo que lleva al segundo problema, que son las dimensiones y espacios de cultivo que requiere para ser producido las cuales serían totalmente un peligro para la industria alimentaria, ya que para este tipo de biomasa se requiere que la tierra este destinada a un monocultivo y con cuidados específicos para su desarrollo; por otra parte, incluso el mismo coordinador del proyecto menciona que la jatrofa es un cultivo que no se da todo el año, puesto que su cosecha es de alrededor de cada ocho meses, por lo tanto se tiene que esperar a que la parcela florezca en plenitud para que se pueda comenzar el proceso de producción de biodiesel, lo que deja mucho tiempo perdido, inclusive para el aprovechamiento de esta tierra en otros cultivos de temporada.

Adicionalmente a lo que sucede en estos ejemplos, la mayor parte de los proyectos sobre cultivos energéticos, grasas animales o vegetales, experimentan problemas con los procesos para llegar al combustible final; no obstante, los esfuerzos no cesan y recientemente ha surgido una nueva propuesta realizada por investigadores de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), quienes iniciaron una empresa spin-off<sup>153</sup> llamada BioLets, la cual propone generar biocombustibles a partir de micro algas, un campo que poco ha sido explorado en el país hasta la fecha. Esta propuesta tiene las siguientes particularidades:

Las algas son una fuente ideal de energía por la variedad de beneficios que ofrecen; más allá del simple biocombustible. La producción de esta micro planta a nivel industrial permite cosechar biomasa cada 4 días; lo que significa 2 toneladas

---

<sup>152</sup> Flores Hernández, Francisco, "Producirán biodiesel con aceite de jatrofa en Querétaro", *El Financiero sección de Tecnología* (10 de febrero del 2014) [En línea] <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/produciran-biodiesel-con-aceite-de-jatrofa-en-queretaro.html> (Consultado el 19 de julio del 2016).

<sup>153</sup> Se entiende Spin-off como un término anglosajón que se refiere a un proyecto nacido como extensión de otro anterior, usualmente es una empresa nueva formada por miembros de un centro de investigación o una Universidad.

mensuales. Con el aceite que se encuentra en este producto se puede desarrollar biocombustible y un tipo de alcohol.<sup>154</sup>

Esta empresa también apuesta por las micro algas debido a que las mismas pueden utilizarse para el tratamiento de aguas residuales, aunque su potencial de producción aún no es muy grande, su desarrollo es muy importante porque su aprovechamiento ayuda a reducir, en alguna medida, tanto la contaminación de las aguas como de la atmósfera, situación que sirve para generar oportunidades en otras áreas afectadas por la contaminación. No obstante, parecen no apropiadas para la generación de grandes cantidades de biocombustible que va en torno a la demanda diaria de las grandes ciudades. Por razones similares, en la actualidad, la mayoría de las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento energético de la biomasa en el país son ineficientes, ya que su producción conlleva un alto desperdicio de recursos y de energía, además de generar impactos negativos en el ambiente.

Es por esta razón, que se considera importante la vigilancia de experiencias internacionales de países como Brasil, Europa o Estados Unidos que han probado y tenido casos exitosos de producción de biocombustibles. Mediante la evaluación de esos casos se considera proponer una opción estratégica y viable de producción que aprovechando la experiencia internacional permita establecer una visión de largo plazo, así como el planteamiento del conjunto de estrategias que serán requeridas para el manejo de los recursos públicos.

Por lo tanto, los siguientes son los ejes estratégicos que se consideran son fundamentales para una propuesta de producción de biocombustible en México:

1) Partir de un enfoque integrado de los sectores industriales orientado al uso sustentable de la bioenergía. Es decir, se debe dar prioridad al aprovechamiento de desechos o subproductos de otras actividades que se tengan como ventaja comparativa en el país ante el mundo, como por ejemplo las grandes cantidades de CO<sub>2</sub> que hay en las ciudades, a fin de diversificar la oferta energética con otras biomásas y aumentar la eficiencia de las tecnologías y sistemas de producción.

Se debe buscar el aprovechamiento de biocombustibles mediante esquemas de manejo sustentable de bosques y cultivos para las zonas agrícolas, orientadas a complementar más que a competir con otros usos del suelo. La generación y difusión de tecnología deben asegurar una adecuada participación de los beneficios que se obtengan para las poblaciones locales. La bioenergía

---

<sup>154</sup> Santoyo, Becky, “El impulso a la producción de biocombustible en México”, *Veo Verde* (04 de septiembre del 2014) [En línea] <https://www.veoverde.com/2013/09/el-impulso-a-la-produccion-de-biocombustible-en-mexico/> (Consultado el 19 de julio del 2016).

debe ser considerada un recurso estratégico y complementario de las otras fuentes de energía renovable en la búsqueda de la transición energética.

2) Desarrollar un marco regulatorio que se cumpla. En el corto plazo, es imprescindible contar con un marco jurídico y legal apropiado que fomente la producción sustentable de los biocombustibles en gran escala en el país. Dicho marco debe incluir un conjunto de incentivos fiscales a los biocombustibles así como facilidades y seguridad para realizar inversiones a largo plazo en este campo, esquemas para la participación de pequeños productores, normas para la certificación desde el punto de vista de la sustentabilidad de los biocombustibles, y programas de desarrollo; lo importante de esto, es que de verdad se debe cumplir. Asimismo se debe tratar de reducir y facilitar los procesos de trámites para la industria, empresas u organizaciones que busquen apoyo en estas áreas, puesto que muchas de las ocasiones el proceso de búsqueda de apoyo de financiamiento queda coartado por las grandes cantidades de obstáculos que aparecen en el camino, que incluso llegan a ser excesivos y poco eficientes.

3) Impulsar el desarrollo de mercados. Es importante promover el desarrollo de redes de producción y de negocios en tecnologías asociados a los biocombustibles, así como elaborar normas técnicas para asegurar la calidad de los productos y los procesos.

4) Fomentar la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico. Se debe incentivar económicamente el desarrollo, adaptación y aplicación de innovaciones tecnológicas apropiadas en esta área. En este sentido, el apoyo a grupos de investigación y al desarrollo de proyectos piloto y demostrativos son acciones prioritarias, así como el fomento de redes y proyectos de colaboración entre tres principales actores estratégicos que son las universidades, el gobierno y la industria.

5) Fortalecimiento institucional. Dada la naturaleza multidisciplinaria de los biocombustibles es necesario establecer programas intersectoriales coordinados (ciencias de la salud como biología, física, química, y otras áreas como energía, ambiente, desarrollo social, agropecuario y forestal), así como campañas de información y divulgación pública que conduzcan a una mejor valoración social de los biocombustibles por parte de la sociedad, la cual en la mayoría de los casos se encuentra desinformada del contexto en el que el país se encuentra atravesando.

## 5.2. Marco regulatorio y programas de biocombustibles en México

Los biocombustibles ya son promovidos activamente en diferentes sectores industriales y agrícolas en México, aunque se trata de tecnologías poco desarrolladas en el país, ya se han promovido el desarrollo de algunas leyes que dan origen a un marco regulatorio y al impulso de unos cuantos programas de desarrollo. Desde el punto de vista legal, se cuenta actualmente con muy pocas leyes que mencionan y permitan el desarrollo específico de biocombustibles en el territorio mexicano.

La producción de biocombustibles no fue regulada sino hasta el 1° de febrero de 2008, cuando se publicó en el Diario Oficial de la Federación la “Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos” (LPDB)<sup>155</sup>. Posteriormente, el 28 de octubre del 2008 se anunció la “Ley para Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento para la Transición Energética” (LAERFTE)<sup>156</sup> y recientemente el 24 de diciembre del 2015 resurgió el interés por regular a las energías limpias y sustentables con la “Ley de Transición Energética”<sup>157</sup>.

El marco regulatorio actual sobre los biocombustibles se resume a un mínimo de leyes, que han tenido reformas conforme se ha ido avanzando y desarrollando el tema en el país; este panorama señala que esta área es relativamente nueva y que por lo mismo hay muchos desarrollos tecnológicos que posiblemente aún no estén contemplados en ellas, lo que ha llevado a que sufran cambios permanentes en su estructura.

La LPDB es de observancia general en toda la República Mexicana y tiene por objeto la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable, así como desarrollar la producción, comercialización y uso eficiente de los bioenergéticos para contribuir a la reactivación del sector rural, la generación de empleo y una mejor calidad de vida para la población; en particular las de alta marginalidad, con lo que se busca procurar la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y gases de efecto de invernadero.

---

<sup>155</sup> Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos*; (1ro de febrero del 2008) [En Línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf> (Consultado el 25 de julio del 2016).

<sup>156</sup> Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley para Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento para la Transición Energética* (28 de octubre del 2008) [En Línea] [http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco\\_LAERFTE.pdf](http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco_LAERFTE.pdf) (Consultado el 25 de julio del 2016).

<sup>157</sup> Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley de transición energética* (24 de diciembre del 2015) [En Línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf> (Consultado el 25 de julio del 2016).

En esta ley se señala el tema de la promoción del etanol y biodiesel como sustitutos a la gasolina y el diésel de petróleo. De ella se derivaron dos programas:

El Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico que pretendía fomentar la producción sustentable de insumos para bioenergéticos y su comercialización, y el Programa de Introducción de Bioenergéticos que tiene como objetivo brindar apoyo para el desarrollo de la cadena de producción y consumo de biocombustibles en la mezcla de combustibles para el transporte. Entre las metas que se plantearon alcanzar con estos programas eran:

Satisfacer en una primera etapa la producción de la biomasa bajo los criterios de sustentabilidad en agua, aire, biodiversidad y suelo (caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha o la combinación de éstos) para producir alrededor de 176 millones de litros de etanol por año, de calidad tal, que pudieran ser mezclados con las gasolinas de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco; y en una segunda etapa alrededor de 630 millones de litros por año para similarmente abastecer las zonas de Monterrey, Nuevo León; y de la Ciudad de México. Para el biodiesel no existieron metas cuantitativas.<sup>158</sup>

Sin embargo, en la práctica no se logró tener avances sustantivos en la producción ni comercialización de los insumos ya que la cantidad de hectáreas que se requieren para producir el biocombustible año con año iban en aumento, lo que ponía en riesgo el suelo de cultivo que va dirigido a la industria alimentaria, razón por la que se dejó de impulsar a estos programas.

Por su parte la LAERFTE tiene el objetivo de regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad y combustibles alternativos, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética. “Estableciendo como meta de participación de biocombustibles al 2024 del 35%, para el 2035 del 40% y para el 2050 del 50%”<sup>159</sup>.

Derivado del artículo 3° de la LAERFTE, en agosto del 2009 se creó el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, que tuvo como objetivo promover el aprovechamiento de las energías renovables y biocombustibles para generación de electricidad y combustibles así como promover y difundir el uso y la aplicación de tecnologías limpias y sustentables en

---

<sup>158</sup> SAGARPA, *Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico* (2012): 18 [En Línea] [http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/documents/proinbios\\_20091013.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/documents/proinbios_20091013.pdf) (Consultado el 25 de julio del 2016).

<sup>159</sup> Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley para Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento para la Transición Energética* (28 de Octubre del 2008): 10 [En Línea] [http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco\\_LAERFTE.pdf](http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco_LAERFTE.pdf) (Consultado el 25 de julio del 2016).

todas las actividades productivas y en el uso doméstico. En él se detallan los mecanismos para el pago de las contraprestaciones que se otorgarán a los generadores de electricidad y combustibles a partir de energías renovables.

No obstante, en la práctica este programa no tuvo apoyo hacia proyectos de biocombustibles, sobre todo porque no hubo quien los buscara, siendo así otra experiencia que no fue aprovechada para el beneficio nacional.

Por otra parte, esta misma ley en el Artículo 22 dio impulso la “Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía (ENTEASE)”<sup>160</sup>, siendo éste el mecanismo mediante el cual el Estado Mexicano propone impulsar las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a conseguir una mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía. Esta ENTEASE data del año 2008 pero se ha venido actualizando en las versiones 2012, 2013, 2014, y 2015. Cuando esta estrategia se encontraba en su fase de revisión para su publicación en 2015, inició la discusión que dio origen a la Ley de Transición Energética, dirigida hacia la implementación de esta estrategia.

Así, el 24 de Diciembre del 2015 se divulgó la más reciente Ley de Transición Energética, que tiene como objetivo regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de energías limpias y biocombustibles para apoyar el objetivo relacionado con las metas de reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y de generación de electricidad y combustibles provenientes de fuentes de energía limpia, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

En el artículo 3ro de esta ley se propone el Programa Especial de la Transición Energética (PETE), que señala que para llevar a cabo el PETE, la Secretaría de Energía retomará en lo conducente las metas, estrategias y líneas de acción contenidos en el “Programa Especial de Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014-2018”<sup>161</sup>. En materia de biocombustibles, este programa establece objetivos y metas específicas para desarrollar la programación relativa a la producción, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de bioenergéticos, coordinar acciones entre los gobiernos

---

<sup>160</sup> Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014* [En línea] [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE\\_2014.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE_2014.pdf) (Consultado el 29 de julio del 2016).

<sup>161</sup> Diario Oficial de la Federación, *Programa Especial de Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014-2018* [En línea] [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014) (Consultado el 02 de agosto del 2016).

federal, estatales, municipales y de la Ciudad de México, y la concurrencia con los sectores social y privado para el desarrollo de los biocombustibles.

El programa señala la necesidad de implementar los puntos anteriores junto con la “*Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos*, creada por la LPDB en 2008 la cual está encargada de crear, impulsar y supervisar las políticas públicas para el desarrollo de los biocombustibles. Esta Comisión está integrada por la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Economía (SE) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).”<sup>162</sup>

Sin embargo, hasta el momento, siendo octubre de 2016, aún no se presentan resultados e indicadores ni desarrollos nacionales de modo formal sobre los objetivos en biocombustibles relacionados con los programas y leyes aquí citadas; lo único que se ha divulgado han sido resultados relacionados con el sector eléctrico, excluyendo a las otras áreas de oportunidad.

Como conclusión, se puede observar que las experiencias regulatorias, han sido poco favorecedoras para el desarrollo de biocombustibles en el país, se nota falta de interés por parte de las dependencias gubernamentales y no han dado resultados sobre lo ya establecido; situación lamentable para México ya que es un área de oportunidad que apunta a un crecimiento económico, tecnológico, ambiental e incluso cultural, que como se ha visto en este trabajo, está siendo aprovechada por países que a lo largo de la historia han demostrado ser los principales generadores de plataformas tecnológicas y poseedores de altos índices de crecimiento económico. Desdichadamente el marco regulatorio y los programas de impulso y promoción que se han propuesto e incluso divulgado públicamente no han generado resultados en esta área tecnológica, que probablemente están siendo frenados por otro tipo de intereses políticos y económicos que existen en el país.

### **5.3 Características y restricciones que debe cumplir la tecnología de producción**

Como se ha visto, los procesos emergentes para la producción de biocombustibles, se caracterizan por un alto dinamismo en materia de

---

<sup>162</sup> SAGARPA, *Programas públicos* [En línea]  
<http://www.bioenergeticos.gob.mx/bio/index.php/programas.html> (Consultado el 02 de agosto del 2016).

investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Estas actividades juegan un rol clave en la obtención de nuevas generaciones de combustibles contribuyendo así con el incremento de la matriz energética, haciéndola sustancialmente superior a la que existe con los procesos actuales, buscando aminorar la contaminación de la atmosfera y, más importante aún, incrementando la frontera de producción sin generar competencia ni repercusiones al usar la tierra para producir la biomasa requerida como materia prima para la producción de biocombustibles, en lugar de destinarla para la producción de alimentos o de otras materias primas escasas.

Notoriamente, los principales jugadores de este mercado mundial, Estados Unidos, la UE y Brasil a la cabeza, están invirtiendo significativos presupuestos en estas innovaciones tecnológicas, tanto a nivel público como privado, en el marco de amplias plataformas de investigación y desarrollo, multidisciplinarias e integradas, en donde convergen temas relacionados con la agricultura, la ingeniería, la biotecnología, la biología sintética y la ciencia y tecnología industrial.

Este dinámico proceso de investigación y desarrollo tecnológico de los actuales biocombustibles ha generado cada vez más dudas acerca del tipo de materia prima a utilizar ya que tiene implicaciones directas en cuanto a su viabilidad, su impacto medioambiental y su estabilidad a largo plazo. Por ello, diversas investigaciones y proyectos tecnológicos en todo el mundo están trabajando en el desarrollo de opciones enfocadas en las características específicas de la región donde se quiera llevar a cabo el proyecto con el fin de contrarrestar estos inconvenientes ya que las posibilidades en cuanto a materias primas y tecnologías son numerosas.

En el caso de México, la tecnología que debe implementarse es aquella que cuente con características sustentables no sólo con la biomasa que se requiera para su proceso, sino también debe responder a problemas relacionados al uso de la tierra donde se establezcan las instalaciones, es decir, que no vaya terminar conquistando áreas de cultivo o de otro uso productivo, al contrario lo que se busca es que incluso se puedan desarrollar en lugares poco comunes o con grandes espacios disponibles como lugares desérticos o con poco desarrollo industrial, que en parte no tengan que ver con tierra arable y así no producir ningún tipo de problema en otras industrias, lo que traería grandes beneficios puesto que en el norte del país se cuenta con una gran ventaja, es decir, una mayor cantidad de Estados que son áridos, y son espacios valiosos para aprovechar y generar un tipo de industria que impulse el desarrollo y competencia económica.

Asimismo, es indispensable que dentro de sus procesos se tenga la característica de que los elementos que se utilicen puedan ser reciclados, como ejemplo se puede mencionar el agua que puede ser requerida para varios cultivos,



sin embargo, no se puede reutilizar; también puede ser requerida en otros procesos de enfriamiento o de pirolisis pero al ser totalmente contaminada, ya no se puede volver a usar. Es por eso que se menciona que no sólo la tecnología de producción debe ser sustentable con la biomasa requerida, sino también enfocándose con sus procesos de producción, siendo realmente importante porque termina impactando en los costos e inclusive haciendo presupuestalmente no factible a los desarrollos tecnológicos; es entonces que si se implementa una tecnología en la que México tenga ventajas competitivas respecto a su geografía y sus materias primas se podrían aminorar costos y generar economías de escala, dando grandes ventajas en el proceso, el productos y los insumos requeridos.

Además, para poder llevar a cabo el desarrollo de un proyecto adecuado a la realidad nacional se deben tener presente que hay diferencias fundamentales entre los nuevos biocombustibles respecto a los derivados del petróleo.

No obstante, cabe señalar que la utilización de materias primas agrícolas para producir biocombustibles crecerá significativamente en los próximos años, teniendo en cuenta las metas de uso creciente de los principales consumidores mundiales de gasolinas requiriendo incluso de la producción que se genera a partir de cultivos energéticos; además, incrementalmente se ha notado que muchos países de alto potencial productivo agrícola recientemente están ingresando a la fabricación a escala comercial de biocombustibles utilizando su ventaja competitiva con sus materias primas disponibles y su área de cultivo. Al respecto, proyecciones de la Agencia Internacional de Energía estiman que:

En 2006, 14 millones de hectáreas de tierras fueron destinadas a la producción de biocombustibles y sus subproductos; es decir, aproximadamente el uno por ciento de las tierras arables disponibles en el mundo. Dependiendo de las circunstancias políticas, para 2030, a escala mundial, el crecimiento proyectado de la producción de biocombustibles requerirá entre 35 y 54 millones de hectáreas de tierras (2.5% a 3.8% de la tierra arable disponible). También se ha anticipado que, incluso con una reglamentación modesta en materia de gases de efecto invernadero, en 2050 podrían quedar ocupadas con cultivos bioenergéticos 1 500 millones de hectáreas, equivalentes a la superficie agrícola actual total del mundo.<sup>163</sup>

Por esta razón, hay países que están apostando por otros procesos de desarrollo de biocombustibles como Alemania, Estados Unidos, España y Suecia que son los que más están investigando para su constitución a gran escala. En el caso de México la propuesta estratégica que se adopte para el biocombustible seleccionado aparece con el objetivo de superar las limitaciones de expansión y

---

<sup>163</sup> L. Cotula; N. Dyer; Vermeulen S., "Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land", *FAO and IIMAD* (2008) [En línea] <http://www.fao.org/3/a-i0440s/i0440s07.htm> (Consultado el 10 de agosto del 2016).

los graves conflictos que ponen en riesgo a la industria alimentaria y al uso de tierra cultivable, y aprovechando las ventajas competitivas territoriales del país.

#### **5.4 Propuesta para la producción de biocombustibles en México**

Después de haber realizado un ejercicio básico de inteligencia tecnológica competitiva, consistente en un monitoreo tecnológico, una evaluación sobre las ventajas y desventajas de los proyectos y las experiencias internacionales que hasta el momento se han desarrollado, así como la mención de los aspectos regulatorios que corresponden, y considerando las restricciones generales que debe cumplir la plataforma tecnológica del proceso productivo, finalmente en esta investigación se propone como la opción más viable, factible y posible en materia ambiental, técnica y económica lo siguiente:

*Desarrollar y producir en el país biocombustibles mediante procesos de captación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de biomásas como microalgas, el fitoplancton o las cianobacterias.*

A continuación se procede con la explicación. Se optó por seleccionar esta propuesta porque esta innovación tecnológica representa un avance revolucionario en la mitigación del cambio climático al incorporar el concepto de biocombustibles con balance negativo de carbono, esto quiere decir que el dióxido de carbono liberado durante la producción y utilización del biocombustible es menor que el capturado o consumido durante el cultivo de la materia prima y la producción del biocombustible llegando a superar incluso el desempeño de otras energías renovables, como la solar y la eólica, que generan energía neutral en carbono.

En este caso la producción de biocombustibles se realiza con tecnologías de captura y almacenamiento de carbono como parte de los beneficios del proceso. Estos desarrollos implican una plausible evolución en la industria. En la naturaleza, todo comienza a partir del papel que realizan las microalgas, el fitoplancton o las cianobacterias, las cuales son de suma importancia ya que gracias a la fotosíntesis, son capaces de transformar la materia inorgánica en materia orgánica utilizando para ello la energía del sol. Esta energía queda almacenada en su interior en sus estructuras biológicas y en el proceso de la fotosíntesis, aprovechando la energía del sol, se combina el CO<sub>2</sub> atmosférico con el agua y como resultado se produce oxígeno que se libera a la atmósfera así

como algunos azúcares que estas biomásas emplearán para producir distintas sustancias como celulosa o aceites.

En esta área se han mencionado casos exitosos como los de la empresa Blue Petroleum desarrollados por españoles que impulsan a países y grandes empresas a comenzar a invertir en este tipo de innovaciones tecnológicas sobre todo porque para la producción de biocombustibles esta opción presentan una serie de ventajas importantes con respecto a los otros productos agrícolas que se emplean en la actualidad.

Imagen 2. Fotobioreactores de la empresa Biofuels systems



Fuente: Bio Fuels Systems; Industria; [En línea] <http://www.biopetroleo.com/industria/> (Consultado el 20 de agosto del 2016).

Esta opción se libera de la discusión de los cultivos energéticos, uso de tierra y de la amenaza a la industria alimentaria; por otra parte, las instalaciones necesarias basadas en experiencias de éxito como la realizada en España, deben ser aquellas que contengan microalgas, fitoplancton o cianobacterias, ya que son biomásas que se multiplican rápidamente, son abundantes, diversas y fotosintéticas lo cual refiere a que son capaces de obtener el CO<sub>2</sub> de la atmósfera;

este modo de producción requiere la habilitación de plantas de fotobioreactores que son “conductos transparentes en los cuales se desarrollan estas biomásas; estos tubos de preferencia se colocan en contacto con el exterior para captar mayor cantidad de radiación solar y con un sistema controlado se encarga de suministrar a las microalgas CO<sub>2</sub> y nutrientes para optimizar al máximo su productividad para implementar procesos de transfer hidrofotosintético y termoquímico con ayuda de catalizadores que ayudan a crear biocombustible”<sup>164</sup> (Ver imagen 2).

Como se nota en la imagen, estos procesos ya se encuentran desarrollados por varias empresas y de igual manera ya han sido protegidos por medio de patentes o incluso por secretos industriales para no generar competencia al respecto; en este caso se debe buscar la oportunidad de adquirir una licencia de uso para así concebir una transferencia de tecnología de las empresas que ya manejan este tipo de tecnología, para que, se aprenda a desarrollar estas técnicas y una vez con el conocimiento obtenido poder mejorar los procesos e incluso innovar.

No obstante, en México lo que hace falta es emprendimiento en el área tecnológica, lo más difícil a veces es pasar de escala del laboratorio al dominio completo de la cadena de producción industrial; este tipo de proceso para producción de biocombustible aún es tema nuevo y seguramente habrá muchas adelantos en él, por eso es importante comenzar a desarrollarlo para entrar en la competencia.

Como se ha mencionado a lo largo del desarrollo de la investigación, cada biomasa o materia prima presenta ventajas y desventajas, oportunidades o amenazas para su inserción en la cadena de biocombustibles, no obstante, a partir de las materias primas aquí propuestas, se presentan innumerables ventajas y es en muchos aspectos complementaria al resto de las energías renovables ya que aborda uno de los aspectos que han sido más difíciles para las demás tecnologías, que es brindar un combustible para el transporte de forma sustentable y barata, además; esta opción cumple conjuntamente con criterios de competitividad, sustentabilidad ambiental, desarrollo económico y técnico que pueden ser viables y generar la apertura de nuevos mercados y procesos que sí se pueden desarrollar en el país. Al respecto, el artículo “Los biocombustibles a partir de microalgas”<sup>165</sup> señala algunas de las ventajas que presenta esta opción sobre las otras son:

---

<sup>164</sup> Portal de energías renovables Sitio Solar, “Los biocombustibles a partir de microalgas” [En línea] <http://www.sitiosolar.com/los-biocombustibles-de-microalgas/> (Consultado el 20 de agosto del 2016).

<sup>165</sup> *Ibid.*

- ✓ El nivel de productividad es mucho mayor que empleando cualquier otro tipo de materia prima. Las microalgas, fitoplancton o cianobacterias son organismos que en condiciones adecuadas se desarrollan a gran velocidad y completan su ciclo de vida en un tiempo mucho menor que los cultivos tradicionales. Se estima que la productividad de biocombustibles a partir de ellos es de entre 20 y 80 veces superior que a los producidos a partir del maíz, la soja o la caña de azúcar. Incluso entre las empresas que implementan estos procesos, se asegura que con sus métodos, la producción de biomasa de algas (de la cual se pueden extraer diversos productos) es miles de veces superior que en el caso de los cultivos de soja, girasol o palma.
- ✓ No se emite CO<sub>2</sub> de más a la atmósfera. Estos organismos para su desarrollo requieren CO<sub>2</sub> que toman de la atmósfera capturándolo en sus moléculas. En el momento de su combustión, ese CO<sub>2</sub> tomado se libera al aire. Por lo tanto se libera tanto CO<sub>2</sub> como el que el alga tomó en su desarrollo, resultando el balance final igual a cero. Varios diseños de plantas de producción de microalgas proyectan emplear las emisiones de CO<sub>2</sub> de las centrales termoeléctricas para introducir en los cultivos y acrecentar la producción.
- ✓ La producción de biocombustible a partir de microalgas, fitoplancton o cianobacterias no afecta en absoluto al mercado de alimentos. Actualmente se están destinando grandes partidas de cereales para producir bioetanol y biodiesel lo que provoca que estos escaseen y que se eleve su precio en perjuicio de la industria alimenticia y sobretodo de las sociedades más pobres. Obtener combustibles a partir de las algas permitirá que los cereales y otros alimentos se usen exclusivamente para fines alimentarios y que los precios se mantengan más bajos
- ✓ Para su cultivo no se destruyen bosques ni selvas, puesto que la inmensa demanda de biocombustibles elaborados a partir de cultivos tradicionales provoca la destrucción de amplias zonas selváticas y forestales con el fin de ampliar la superficie cultivable. Esto repercute negativamente en los ecosistemas<sup>166</sup>.
- ✓ Otra ventaja importante para su desarrollo en el país es que su cultivo puede estar en estanques localizados en áreas desérticas y/o costas

---

<sup>166</sup> Portal de energías renovables Sitio Solar, “Los biocombustibles a partir de microalgas” [En línea] <http://www.sitiosolar.com/los-biocombustibles-de-microalgas/> (Consultado el 20 de agosto del 2016).

aprovechando las excelentes cualidades de insolación que ofrecen o en terrenos improductivos para cualquier otro tipo de vegetal. (Ver imagen 3).

Imagen 3. Aprovechamiento de sol con instalaciones de fotobioreactores al exterior de la empresa Innova Fields.



Fuente. BioFields Renewable and Sustainable, sección de Bioenergía [En línea] <http://www.biofields.com/unidades-de-negocio?c=2> (Consultado el 20 de agosto del 2016).

Es importante mencionar que este proceso se desarrolla a partir del elevado contenido de aceite que resulta de estas biomásas, siendo superior a la de varios cultivos energéticos u oleaginosas, del cual se pueden derivar biocombustibles como el biodiesel e incluso bioetanol o plásticos.

Un ejemplo de desarrollo de esta tecnología en México surge con una empresa mexicana ubicada en Puerto Libertad Sonora, llamada BioFields que



junto con su subsidiaria Innova Fields ya se encuentran apostando por esta opción sustentable de generación de biocombustibles a partir de la captura de CO<sub>2</sub> para la generación de Bioetanol. Esta empresa ha buscado apoyo e inversionistas por lo cual se ha asociado con una compañía americana llamada Algenol establecida en Florida. Al respecto, en su página oficial se menciona lo siguiente:

Innova Fields es la empresa subsidiaria de BioFields dedicada a la producción de Etanol en México, mediante una licencia de explotación comercial de la tecnología Direct to Ethanol (Algenol). Nuestra tecnología "Direct to Ethanol™" consiste en la utilización de algas verdeazuladas no tóxicas, para producir biocombustibles en un sistema totalmente confinado y por lo mismo seguro. Las algas verdeazuladas son organismos unicelulares procariotas y autotróficos que llevan a cabo la fotosíntesis oxigénica y acumulan glucógeno (azúcar) como la forma principal de carbono almacenado. Nuestra tecnología optimiza el metabolismo del alga verdeazulada con el fin de crear una vía nueva para la utilización y fijación de carbono que resulta en la síntesis de etanol. El alga verdeazulada prolifera rápidamente y utiliza de manera eficiente la radiación solar, CO<sub>2</sub> y otros elementos, para la producción de etanol u otros biocombustibles. Por lo mismo, el utilizar algas verdeazuladas constituye un sistema potencial para la bioconversión de energía solar y CO<sub>2</sub> en recursos renovables.

Las algas verdeazuladas son los organismos ideales para producir etanol u otros biocombustibles ya que constituyen la biomasa más diversa y abundante del planeta. Las mismas utilizan la fotosíntesis como medio para capturar de manera eficiente la energía del sol para convertirla en azúcar intracelularmente, lo que les proporciona la energía vital para crecer y reproducirse. Las algas verdeazuladas pueden ser cultivadas en granjas permitiendo la producción de biocombustibles a nivel industrial.<sup>167</sup>

Otras ventajas competitivas importantes que menciona esta empresa sobre la aplicación de esta tecnología en México en adición a las ya señaladas, son que no se utilizan ni agroquímicos ni pesticidas para su cultivo, que la totalidad del agua utilizada en el proceso tiene la cualidad de poder ser reciclada, otra ventaja de especial importancia sobre todo para su habilitación, es que, sus costos de producción son muy bajos ya que no se depende de insumos agrícolas además de que estas biomasa se reproducen de manera muy rápida y al ser muy abundantes existe gran potencial de producción para ser altamente escalable a nivel nacional.

Es aquí donde surge la propuesta de valor y oportunidad para apoyar a una empresa totalmente mexicana que requiere de apoyo y subsidios que deberían ser proporcionados por parte del gobierno para atender temas claves de

---

<sup>167</sup> BioFields Renewable and sustainable, Energías renovables [En línea] <http://www.biofields.com/unidades-de-negocio?c=2> (Consultado el 30 de agosto del 2016).

sustentabilidad energética; además de que es una empresa financieramente viable y rentable puesto que su negocio demuestra una tendencia en crecimiento a largo plazo sostenible por sus procesos y las materias primas en las que se basa son abundantes e ilimitadas, no presenta problemas por esta parte; brinda la oportunidad de generar biocombustible que puede sustituir a las gasolinas de origen fósil actualmente utilizadas en la industria del transporte brindando la ventaja del balance negativo del carbono, es decir, el liberado por los automóviles es menor que el capturado en el proceso lo que ayuda a aminorar el dióxido de carbono siendo éste el principal responsable del calentamiento global así como de las grandes cantidades de contaminación de aire que actualmente presenta la Ciudad de México.

Por parte del gobierno se debe generar un apoyo que incluya los rubros económicos, legales, administrativos y políticos, mediante la inversión en acciones convertirse en accionista mayoritario para que también tenga voto en las decisiones de la empresa y brindar de financiamiento con fondos o programas directamente dirigidos para la habilitación de instalaciones que puedan hacer disponible una producción industrial a escala nacional.

Con esta propuesta se generarían otro tipo de ventajas como la generación de trabajo, mayores profesionistas, investigadores, técnicos y obreros tendrían la oportunidad de aplicar sus conocimientos y converger en un área donde puedan generar ideas, innovación, desarrollo, con lo que se aprovecharía el talento mexicano en una empresa nacional.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**F**inalmente, en este apartado se señalan conclusiones finales en las que se integran las diferentes conclusiones parciales que se obtuvieron a lo largo de la investigación sobre los temas de escasez de petróleo, explotación petrolera, uso de herramientas administrativas, desarrollo e innovación tecnológica y biocombustibles, siendo éstos los temas principales abordados a lo largo del presente trabajo.

- ❖ La historia demuestra que México no ha sabido aprovechar sus riquezas naturales y su posición geográficamente privilegiada. La administración del país llevó al ocaso a una de sus industrias nacionales más importantes y competidoras a nivel mundial; PEMEX pasó de ser la empresa que generaba mayor ingreso económico al país a ser un actor pasivo, que en 2017 comenzará a perder fuerza por la apertura en la industria energética gracias a las licitaciones y concesiones que se le ha brindado a la inversión extranjera directa.
- ❖ Los indicadores del capítulo 2 señalan que varios de los yacimientos donde se encontraban las mayores reservas de petróleo en las últimas décadas del siglo pasado gracias a su creciente explotación generaron confianza y dependencia en la economía, política y sociedad del país; por lo que a 30 años después resultan ser pozos que están en declive experimentando una caída nunca antes vista, puesto que la demanda de productos derivados de petróleo, sobretudo en el de la gasolina se distingue un abrupto crecimiento por parte de la industria del transporte. Es notorio que México tiene una sobrepoblación que a este paso llevaría a la aniquilación, incluso, de los yacimientos recientemente encontrados en aguas profundas, ya que como se señala en las características de esta materia prima, es finito y con la entrada de más actores internacionales en el mercado energético nacional, se esperaría su ocaso incluso en mucho tiempo menos a 30 años, dejando al país sin una de sus reservas más importantes.
- ❖ Es un hecho que el mercado de los combustibles fósiles, va a ser muy competido por la transnacionales que ingresen en el país, además de generar una creciente pérdida de petróleo nacional; es por ello, que es indispensable que México genere desarrollo y competencia económica a partir de áreas alternativas como los biocombustibles, ya que con estas innovaciones tecnológicas se abre un nuevo escenario ambiental,

económico y tecnológico, que sería generador de un nuevo mercado nacional creando empleo, competencia tanto nacional como internacional, protección al medio ambiente y crecimiento financiero.

- ❖ Hoy en día el conocimiento se encuentra en una rápida y constante transformación dando origen a una nueva economía industrial basada en él, y como se menciona en el capítulo 3, dentro de la economía del conocimiento el factor competitivo es la innovación tecnológica por lo que la organización que no genere investigación y desarrollo está destinada al fracaso. En específico en México, la industria energética no es un actor preponderante en el escenario mundial, incluso está dejando de ser competitivo e importante dentro de esta rama y no ha apostado por invertir en las nuevas plataformas tecnológicas, por eso, es momento de cambiar y redirigir ese paradigma.
- ❖ Es evidente que en México las organizaciones de la industria energética no han demostrado importancia por saber cómo influye el medio ambiente externo en su funcionamiento y en la toma de acciones encaminadas para que éstas sean más competitivas. La tecnología funge como uno de los principales factores externos a la organización que se debe vigilar y tomar en cuenta como parte de un enfoque contingente (Teoría Contingencial). Por ello, actualmente es necesario buscar una relación entre las condiciones ambientales externas y las herramientas administrativas apropiadas para alcanzar progreso tecnológico y competencia económica como metas dentro de las organizaciones.
- ❖ El monitoreo tecnológico ha demostrado ser una herramienta administrativa que actualmente está tomando fuerza y regularidad entre las organizaciones internacionales, puesto que en este proceso de gestión se proporciona y se captura información que es evaluada para desarrollar una conciencia de las amenazas y oportunidades sobre una tecnología en específico y así tomar las decisiones pertinentes. Hoy en día un tema primordial en el monitoreo es lo ligado a innovaciones tecnológicas sustentables, puesto que varios de los países desarrollados están conscientes que sus recursos naturales son su reserva más valiosa y buscan la forma de seguir generando y ser fuertes económicamente pero sin desgastar más su medio ambiente. Los actores que conforman la industria energética en México es necesario que noten que está siendo remplazada por nuevos competidores y que va a quedar totalmente rezagada sino innova en procesos y productos.
- ❖ El monitoreo, la evaluación y comparación técnica, económica y ambiental que se desarrolló en esta investigación proporcionó una inteligencia tecnológica competitiva con la información analizada para proponer de entre toda la vigilancia un biocombustible que fuera habilitado y que

demostrará tener mayores ventajas que desventajas. Asimismo se demostró que la protección de la tecnología en específico por medio de las patentes es fundamental puesto que además de generar derechos que brindan desarrollo y crecimiento económico a la organización, crea competencia e incentiva a los investigadores a seguir innovando.

- ❖ El programa Matheo Analyzer sirvió para llevar a cabo una ciencimetría que mostró áreas de oportunidad con las que México cuenta que podrían ser sustentables para generar biocombustibles e ir mitigando problemas ambientales. Gracias a este programa se llevó a cabo con éxito el monitoreo tecnológico y se pudo generar una propuesta.
- ❖ En las cinco innovaciones tecnológicas enfocadas a la producción de biocombustibles se encontraron experiencias de éxito que prometen ser industrias que generen grandes beneficios para el país que las desarrolló así como para el mundo; no obstante también se encontraron algunos procesos que demostraron tener mayores desventajas e incluso amenazas al medio ambiente o que son dañinos para la salud, los cuales facilitaron la evaluación y selección del biocombustible en la investigación.
- ❖ La producción de biocombustible a partir de procesos de captura de CO<sub>2</sub> cumplen con los principios que se establecieron en los objetivos específicos en la metodología de la investigación, es decir, es un proceso que no afecta al medio ambiente que incluso mitiga la contaminación de los gases de efecto invernadero, asimismo genera competencia económica, nuevos mercados y negocios que ya son necesarios para brindar sustentabilidad al petróleo; un factor muy importante para la selección de esta tecnología fue que es un proceso que no afecta a la industria alimentaria puesto que la mayor parte de los otros biocombustibles se componen a partir de diversos cultivos energéticos generando problemas en los usos de tierra arable que están destinados para la alimentación de la sociedad.
- ❖ El tema de sustentabilidad para efectos de esta investigación se desarrolló desde el punto de vista ambiental y económico, no obstante, en la parte social, se busca que si hay un crecimiento económico en esta área de investigación se puedan beneficiar de él todos los estratos sociales, es decir, que haya equidad y desarrollo económico.
- ❖ En cuanto a la comparación y evaluación de las ventajas y desventajas que presenta este biocombustible, fue la opción que muestra mayores beneficios ambientales, siendo un proceso que apenas se encuentra en desarrollo e investigación en muchos países, razón por la cual en México no se deberían desaprovechar oportunidades en esta área, ya que incluso no todos los procesos han sido descubiertos y se tiene mayor accesibilidad a innovar y proteger para generar competencia económica y técnica.

- ❖ En materia de protección industrial, todos los biocombustibles monitoreados muestran estar protegidos por patentes, incluso los procesos que están en inicios de investigación y desarrollo como es el caso del biocombustible producido por CO<sub>2</sub>, lo que demuestra que son innovaciones de alto impacto que seguramente cambiarán económica, social y ambientalmente el rumbo de la humanidad; lo que demuestra la investigación, es que estos avances tecnológicos están siendo desarrollados desde la universidad como punto de partida y se dirigen a las industrias por lo que lo ideal en el país sería la aplicación de un modelo lineal de transferencia tecnológica, es decir, una triada entre las Universidades, la industria y el gobierno, que abarquen desde la etapa del descubrimiento tecnológico hasta la comercialización o el licenciamiento de la tecnología a un tercero, convirtiendo a México en un país competitivo e innovador; de otra manera, el país seguiría importando tecnología y comprando licencias para poder utilizar tecnología extranjera.
- ❖ En México se ha demostrado tener suficiente capital humano capaz de generar biocombustibles, no obstante, sólo se cuenta con emprendimiento en una reducida cantidad de personas, por factores como falta de apoyo del gobierno, trámites muy tardados y enredados, falta de divulgación de la información, ansiedad por generar ganancias a corto plazo, mala planeación, falta de monitoreo y evaluación de proyectos que realmente puedan ser factibles en el país, así como una legislación en la materia que ha sido descuidada y olvidada a razón de una falta de interés por parte del gobierno, la industria, de la sociedad incluso de las Universidades por generar este tipo de tecnologías. Las leyes y programas de apoyo deberían mostrar ser instrumentos de soporte y no de confusión y rechazo, por lo que el gobierno debería hacer más eficientes y ágiles los requerimientos para conseguir el apoyo económico necesario, así como divulgar la información de estas nuevas plataformas tecnológicas desde niveles básicos de educación fomentando en las nuevas generaciones atracción e interés por el tema.
- ❖ Es ilógico pero a la vez real que empresas mexicanas encuentren mayores oportunidades y apoyo en contrapartes extranjeras en lugar de su propio gobierno, lo que demuestra que el sistema nacional está totalmente desarticulado al impulso de la ciencia y tecnología.
- ❖ Como recomendación, se puede decir que este tipo de investigaciones académicas que buscan la aplicación en la industria o en su caso mejorar la situación tecnológica del país, hoy en día son necesarias, puesto que hay muchas áreas de oportunidad como es la energética que requiere de impulso e interés por la iniciativa y desarrollo de proyectos; es justo para un estudiante de maestría no sólo enfocarse en la titulación como trámite, sino el buscar maneras de hacerles frente a los actuales problemas sociales,

económicos, ambientales, políticos y tecnológicos que suscitan en el país; se recomienda, continuar indagando sobre el tema para poder continuar con mayor puntualidad y precisar dentro del biocombustible seleccionado un anteproyecto con su respectiva factibilidad para que su habilitación sea una realidad.

- ❖ También se recomienda, que en las futuras investigaciones, no sólo se centren en la opción que está investigación propone, puesto que todo está en constante cambio y transformación, por lo que probablemente haya mejoras en los procesos aquí mencionados e incluso se pueda descubrir una biomasa que tenga mejores beneficios; el punto es no dejar de investigar y desarrollar alternativas para el agotamiento del petróleo.
- ❖ Independientemente de la cantidad de descubrimiento y desarrollos tecnológicos por el cuidado al medio ambiente, la principal recomendación es que como individuos y como sociedad en conjunto se debe tener conciencia por el planeta, preservarlo y pensar en el futuro que queremos heredar.

Es evidente que queda mucho por hacer para llevar a cabo la habilitación de la propuesta, no obstante, en este trabajo mediante las herramientas administrativas para planeación tecnológica que fueron aplicadas se generó inteligencia tecnológica competitiva enfocada en la factibilidad de un conjunto de proyectos dando como resultado el seleccionado y que requiere de una estructura multidisciplinaria que en conjunto genere conocimientos y un proyecto que pueda ser exitoso si encuentra el apoyo necesario en actores como la industria, el gobierno y las universidades. Es así que con la producción del biocombustible seleccionado se propone continuar con el desarrollo social y económico del país preservando el medio ambiente.

<b>Índice imágenes</b>	<b>Página</b>
<b>Imagen 1.</b> Banquete Global en consumo de combustible proveniente del petróleo	<b>26</b>
<b>Imagen 2.</b> Fotobioreactores de la empresa Biofuels Systems	<b>146</b>
<b>Imagen 3.</b> Aprovechamiento de sol con instalaciones de fotobioreactores al exterior de la empresa Innova Fields	<b>149</b>

### **Índice Tablas**

<b>Tabla 1.</b> Producción de petróleo crudo por región y activo	<b>40</b>
<b>Tabla 2.</b> Producción de hidrocarburos líquidos en México 2010-2015	<b>42</b>
<b>Tabla 3.</b> Precio exportación por región 2010-2015	<b>43</b>
<b>Tabla 4.</b> Producción y Exportaciones de petróleo crudo 2002-2014	<b>43</b>
<b>Tabla 5.</b> Potenciales cultivos energéticos para la obtención de bioetanol	<b>95</b>
<b>Tabla 6.</b> Patentes concedidas a procesos de obtención de bioetanol	<b>98</b>
<b>Tabla 7.</b> Patentes concedidas a procesos de obtención de biodiesel	<b>104</b>
<b>Tabla 8.</b> Patentes concedidas a biocombustibles a partir de procesos por Co2	<b>113</b>
<b>Tabla 9.</b> Patentes concedidas a biocombustibles a partir de plásticos y PET	<b>118</b>

<b>Tabla 10.</b> Ventajas y desventajas sobre los biocombustibles monitoreados para México	<b>125</b>
--	------------

### **Índice Gráficas**

<b>Gráfica 1.</b> Reservas probadas periodo 1978-2007	<b>37</b>
<b>Gráfica 2.</b> Producción de petróleo crudo por región	<b>40</b>
<b>Gráfica 3.</b> Exportación e Importación de petróleo en la balanza comercial mexicana 2013-2015	<b>41</b>
<b>Gráfica 4.</b> Precios de exportación de petróleo crudo de septiembre 2013, 2014 y 2015	<b>44</b>

### **Índice Figuras**

<b>Figura 1.</b> Etapas principales para la producción de bioetanol	<b>53</b>
<b>Figura 2.</b> Ejercicio integrador de <i>ITC</i>	<b>85</b>
<b>Figura 3.</b> Conversión de materias primas en biocombustibles líquidos	<b>89</b>

### **Índice Diagramas**

<b>Diagrama 1.</b> Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación.	<b>73</b>
<b>Diagrama 2.</b> Procesos de transformación del Co <sub>2</sub> a Biocombustibles y otros derivados	<b>109</b>

**Diagrama 3.** Proceso de Pirolisis en botellas de plástico PET

**115**

### **Índice Redes Simétricas**

**Red Simétrica 1.** Palabras clave de procesos, biomasas o métodos de biocombustibles

**92**



## Referencias

A. Bradley; F. Peter; B., T., *Bioquímica*, 1er Edición (Barcelona España: Reverté, 1982): 248.

Agenda 21, Capítulo 16. El texto completo de la Agenda 21 está disponible en: [www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm) (Consultado el 29 de Octubre del 2015).

Aguiar González, Jorge Luis, “Biodiesel, ejemplo notable de combustible alternativo”, *Energía a Debate* [En línea] [http://www.energiaadebate.com/Articulos/febrero\\_2006/jorge\\_luis\\_aguiar\\_gonzalez.htm](http://www.energiaadebate.com/Articulos/febrero_2006/jorge_luis_aguiar_gonzalez.htm) (Consultado el 18 de Mayo del 2016).

Aguirre Botello, Manuel, Exportaciones de Petróleo Crudo 1974 – 2015 Sector Energético Mexicano, Indicadores Anuales; Instituto mexicano del petróleo [En línea] <http://www.mexicomaxico.org/Voto/PetroCrudo.htm> (Consultado el 27 Octubre 2015).

Aguirre Botello Manuel; “60 Años de la Economía Mexicana, Estudio Comparativo de 10 Sexenios” [En línea] <http://www.mexicomaxico.org/Voto/60A.htm> (Consultado el 19 de Octubre del 2015).

Agrowaste.eu, “Pirolisis”, pp. 2 [En línea] <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/PIROLISIS.pdf> (Consultado el 18 de Junio del 2016).

Alianza Global por Alternativas a la Incineración, GAIA, “Una industria que vende humo” (Junio de 2009) [En línea] <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/unaindustriaquevendehumofinal.pdf> (Consultado el 12 de Julio del 2016).

Al-Riffai, Perrihan; Dimaranan, Betina; Laborde, David, “Global Trade and Environmental Impact Study of the EU Biofuels Mandate”, *Final Report. ATLASS Consortium* (Marzo del 2010).

Álvares Maciel, Carlos, “Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional”, *Economía Informa*, No. 359 (Julio-agosto del 2009): 6368 [En línea] <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf> (Consultado el 15 de Abril de 2016).

Amela, Víctor M., “Entrevista a Serge Latouche en Defense del decrecimiento”; en Raúl Olmedo, *Para comprender a México I ¿Crecer o decrecer? Megatendencias* (México: UNAM, 2009): 140-142.

Anselms Eisentraut, “Sustainable production of second-generation biofuels. Potential and perspectives in major economies and developing countries. At International Energy Agency” (February 2010).

Artículoz.com., “La importancia de la teoría de la contingencia” [En línea] <http://www.articuloz.com/administracion-articulos/la-importancia-de-la-teoria-de-la-contingencia-761666.html> (Consultado el 28 de Febrero 2016).

Bamberger, Michael; Hewitt, Eleanor, “Monitoring and Evaluating Urban Development Programs”, *A Handbook for Program Managers and Researchers*, World Bank Technical Paper No 53. Washington, D.C. (1986).

BFS Bio Fuel Systems, "Tecnología: Cómo la tecnología BFS participa en la resolución de estos retos" [En Línea] <http://www.biopetroleo.com/tecnologia/> (Consultado el 5 de Junio del 2016).

BFS Bio Fuel Systems, "Industria: primera unidad mundial de conversión acelerada del CO2 en combustible" [En Línea] <http://www.biopetroleo.com/industria/> (Consultado el 8 de Junio del 2016).

Biodiesel y energías renovables; "Biocombustibles reemplazarían más de un 50% de los combustibles fósiles de la Unión Europea en 2020" (15 de septiembre del 2010) [En línea] <http://biodiesel.com.ar/4046/biocombustibles-reemplazarian-mas-de-un-50-de-los-combustibles-fosiles-de-la-union-europea-en-2020> (Consultado el 10 de Julio del 2016).

BioFields Renewable and sustainable, Energías renovables [En línea] <http://www.biofields.com/unidades-de-negocio?c=2> (Consultado el 30 de Agosto del 2016).

BP Statistical Review of World Energy 2012, "Global Energy Banquet" [En línea] <http://www.nature.com/news/the-global-energy-challenge-awash-with-carbon-1.11909#auth-2> (Consultado 11 Octubre 2015).

BP Global, "Statistical Review of World Energy" Junio, 2012 [En línea] [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2011.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf). (Consultado el 18 de Junio 2015).

Briassoulis, H., "Sustainable Development and its Indicators: Through a (Planner's) Glass Darkly", *Journal of Environmental Planning and Management*, No. 44, Vol. 3 (2001): 409–427.

Calvente, Arturo, "El concepto moderno de sustentabilidad", *UAIS*, Centro de altos estudios globales (2007) [En línea] <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf> (Consultado el 24 de febrero del 2016).

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos* (01 de Febrero del 2008) [En Línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf> (Consultado el 25 de Julio del 2016).

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley de transición energética* (24 de diciembre del 2015) [En Línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf> (Consultado el 25 de Julio del 2016).

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley para Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento para la Transición Energética* (28 de Octubre del 2008) [En Línea] [http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco\\_LAERFTE.pdf](http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco_LAERFTE.pdf) (Consultado el 25 de Julio del 2016).

Campos Espinoza, Bueno, "Organización de empresas: estructura, procesos y modelos", Primera Edición (Madrid: Ediciones Pirámide, 1996): 168.

Cárdenas, Cuauhtémoc, "El petróleo en México", *Memoria Plática sobre la expropiación en el club de industriales* (México, 09 de Octubre del 2008): 13.

Castillo, Jorge; Solleiro J.L.; Castañón, R; Castillo, "El estado del arte de la inteligencia tecnológica competitiva: tendencias y perspectivas" (2009) [En línea] [http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2009/MT2/SESION1/MT21\\_JSOLLEIRO\\_028.pdf](http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2009/MT2/SESION1/MT21_JSOLLEIRO_028.pdf) (Consultado el 28 de Febrero del 2016).

Centro Mario Molina; “Nuestras opiniones sobre los biocombustibles en México” [En línea] <http://centromariomolina.org/aumento-de-temperaturas-en-el-norte-de-mexico/> (Consultado el 18 de Julio del 2016).

CNN Expansión, “El precio del petróleo mexicano, en un barril sin fondo”, *CNN Expansión* (Miércoles, 07 de enero de 2015) [En línea] <http://www.cnnexpansion.com/economia/2015/01/06/el-petroleo-mexicano-busca-piso-tras-caida-libre> (Consultado el 27 de Enero del 2015).

Cruz, Noe, “El barril del petróleo acelera su desplome”, *El Universal, Sección Cartera* (Viernes 05 de Diciembre del 2015) [En línea] <http://archivo.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2014/impreso/el-barril-de-petroleo-acelera-su-desplome-115411.html> (Consultado el 10 de Diciembre del 2015).

Cuervo, Luis Enrique, “Nuestro Futuro Común” (12 de Septiembre de 1997) [En línea] <http://www.sustainwellbeing.net/Espanol/WCED.shtml> (Consultado el 26 de Febrero del 2016).

Dahlman, C. “The Challenge of the Knowledge Economy for Latin America”, *Globalization, Competitiveness and Governability Journal*, No. 1 (2007): 18-44.

Diario Oficial de la Federación, “Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía” [En línea] [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013) (Consultado el 28 Octubre 2015).

Diario Oficial de la Federación, *Programa Especial de Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014-2018* [En línea] [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014) (Consultado el 02 de Agosto del 2016).

Dirección corporativa de Finanzas, “Anuario estadístico 2013. Glosario y Nomenclatura: Petróleo Crudo” (2013): 68.

Dirección corporativa de Finanzas, “Anuario estadístico 2013. Glosario y Nomenclatura: Procesos de PEMEX-Refinación” (2013): 68.

Dirección corporativa de Finanzas, “Anuario estadístico 2013. Producción de petróleo crudo por región y activo” (2013): 17.

Dirección general de energía y transporte. Comisión Europea, “Fomento de los Biocarburantes en Europa, un porvenir más limpio para el transporte” (2004): 6.

Drucker, Peter., “Innovation and Entrepreneurship (practice and principles)” (1985) [En línea] <http://rube.asq.org/innovation-group/2013/06/book-review-innovation-and-entrepreneurship-practice-and-principles.pdf> (Consultado el 2 de Febrero del 2016).

Drucker, Peter., *La gerencia en la sociedad futura* (Colombia: Grupo Editorial Norma, 2002): 93.

Drucker, Peter; *Para entender la sociedad del conocimiento: La sociedad del conocimiento*, Universidad APEC, Colección UNAPEC por un mundo mejor (UNAPEC, 2005): 13.

Dufey, A.; Vermeulen, S.; Vorley, W., "Biofuels: Strategic Choices for Commodity Dependent Developing Countries. Common Fund for Commodities (CFC)" (2007) [En línea] <http://www.common-fund.org/download/actualiteit/07Biofuels.pdf> (Consultado 04 Abril 2016).

Dupont Chandler, Alfred, *Strategy and structure: Chapter in the history of the american industrial Enterprise* (Michigan: First MIT Press, 1969): 2.

Dutrénit, Gabriela; Capdevielle, Mario; et al., "El sistema nacional de innovación mexicano: instituciones, políticas, desempeño y desafíos", Primera edición, Universidad Autónoma Metropolitana (México: UAM, 2010): 75.

Equipos y Laboratorios de Colombia; "Crear biocombustibles a partir del Co<sub>2</sub> del aire usando microorganismos modificados genéticamente" [En Línea] [http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=8136](http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=8136) (Consultado el 3 de Junio del 2016).

E. Antonio, "Biocombustibles: la agricultura al servicio del automóvil", *El ecologista*, (2008): 56.

Estrada, Javier H., "Desarrollo del gas lutita (Shale gas) y su impacto en el mercado energético de México: Reflexiones para Centroamérica", CEPAL, Naciones Unidas (2013) [En Línea] <http://www.comimsa.com.mx/cit/data/GasShale/4-DESARROLLO%20DEL%20GAS%20LUTITA.pdf> (Consultado el 04 de Noviembre del 2015).

Explorando México, "El petróleo mexicano" (2015) [En línea] <http://www.explorandomexico.com.mx/about-mexico/4/38/> (Consultado el 3 de Noviembre del 2015).

FAOSTAT, "FAOSTAT detailed trade flows", United Nations Food and Agriculture Organization, Rome; 2013.

FAO. *World agriculture: towards 2015/2030*. An FAO perspective, editado por J. Bruinsma. Roma, FAO y Londres, Earthscan, 2003.

Fargione, J.; Hill, J.; Tilman, D.; Polasky, S.; Hawthorne, P., "Land clearing and the biofuel carbon debt", *Science*, Vol. 319, No. 5867 (29 de Febrero, 2008):1235–123.

Fári, M. G.; Kralovánszky, U. P., "The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky", *International Journal of Horticultural Science*, OrsósOttó Laboratory, University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Department of Vegetable (2006): 9-12.

Federico Ganduglia; Manual de biocombustibles; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); 2009, P. 70; [En línea] [http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual\\_Biocombustibles\\_ARPEL\\_IICA.pdf](http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf) Consultado el 14 de Agosto del 2016.

Fernández, Carlos, "México S.A.", *La Jornada, Sección Opinión* (Miércoles 11 de Diciembre del 2013) [En línea] <http://www.jornada.unam.mx/2013/12/11/opinion/034o1eco> (Consultado el 14 de Febrero 2015).

Fichtcher Consulting Engineers Limited, "The Viability of advanced thermal treatment of MSW in the UK" (Marzo del 2004): 4 [En Línea]

[http://www.esauk.org/reports\\_press\\_releases/esa\\_reports/thermal\\_treatment\\_report.pdf](http://www.esauk.org/reports_press_releases/esa_reports/thermal_treatment_report.pdf)

(Consultado el 10 de Julio del 2016).

Flores Hernández, Francisco, "Producirán biodiesel con aceite de jatrofa en Querétaro", *El Financiero sección de Tecnología* (10 de Febrero del 2014) [En línea] <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/produciran-biodiesel-con-aceite-de-jatrofa-en-queretaro.html>

(Consultado el 19 de Julio del 2016).

Freeman, Ch., *The Economics of Industrial Innovation* (Harmondsworth, Middlesex, Inglaterra: Penguin Books Ltd).

Fundación Energizar, "Producción de Biodiesel", Sección Desarrollo Humano [En línea] [http://www.energizar.org.ar/energizar\\_desarrollo\\_humano\\_cursos\\_biodiesel\\_introduccion.html](http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_humano_cursos_biodiesel_introduccion.html)

(Consultado el 7 de Mayo del 2016).

García, Karol, "Pemex invertirá \$21,000 millones en Chicontepec en el 2011", *El Economista* (14 Abril 2011) [En línea] <http://eleconomista.com.mx/corporativos/2011/04/14/pemex-invertira-21000-millones-chicontepec-2011> (Consultado el 14 Octubre del 2015).

Gobierno de Brasil, "Energía. Biocombustibles", [En línea] <http://www.brasil.gov.br/energia-es/matriz-energetica/biocombustibles> (Consultado el 04 Abril 2016).

Godin B., *The Rise of Innovation Surveys: Measuring a Fuzzy Concept*, Project on the History and Sociology, *STI Statistics*, No. 16, Communication presented at the International Conference in Honour of K. Pavitt "What We Know About Innovation", SPRU, University of Sussex, Brighton UK; (November del 2003): 13-15.

Granada, Amanda, "La basura sirve para generar biodiesel"; *Grupo El Comercio.com* (07 de Septiembre del 2014) [En línea] <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/planeta-7-de-septiembre-2014/basura-generar-biodiesel> (Consultado el 08 de Julio del 2016).

Greenaction for Health and Environmental Justice, "Informe: Incineradores disfrazados. Estudios de casos sobre el funcionamiento de las tecnologías de gasificación, pirólisis y plasma en Europa, Asia y Estados Unidos" (Abril de 2006) [En línea] [https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1421/Incineradores\\_Disfrazados.pdf](https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1421/Incineradores_Disfrazados.pdf) (Consultado el 10 de Julio del 2016).

Greenpeace.org, "Nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos urbanos: viejos riesgos y ninguna solución" (Agosto del 2011) [En línea] <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/riesgos-tecnologias-residuos-urbanos.pdf> (Consultado el 08 de Julio del 2016).

Guadix, A.; Guadix, E.; M. Páez, M.; P. Gonzales, P.; Camacho, F., "Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas", *Ars Pharmaceutica*, No. 4, Vol. 1 (2000): 79–89.

Guillén Solís, Omar, *Energías renovables: una perspectiva ingenieril* (México: Trillas, 2004): 72.

Gutiérrez Rodríguez, Roberto "La Reforma petrolera de México: ¿Dos sexenios sin política energética?", *El Petróleo, el Gas y los Bioenergéticos*, UAM-X, Año 21, No. 58, Septiembre-Diciembre (México; Nueva Época, 2008): 38.

Guizar Montufar, Rafael, *Desarrollo organizacional* (México: McGrawHill, 1999).

Hayden K. Webb; et al., "Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Poly(ethylene terephthalate)", *MDPI Polymers journal* (28 December 2012) [En línea]

[http://www.marinedebris.info/sites/default/files/literature/Plastic%20Degradation%20and%20Its%20Environmental%20Implications%20with%20Special%20Reference%20to%20Poly\(ethylene%20terephthalate\).pdf](http://www.marinedebris.info/sites/default/files/literature/Plastic%20Degradation%20and%20Its%20Environmental%20Implications%20with%20Special%20Reference%20to%20Poly(ethylene%20terephthalate).pdf) (Consultado el 16 de Junio del 2016).

Hernández, Marco Antonio; Hernández, Jorge Arturo, “Verdades y mitos de los biocombustibles”, *Elementos* No. 71 (2008): 15-18.

INEGI, “Indicadores seleccionados de la explotación petrolera Cuadro 10.1.2 Serie anual de 1938 a 2007”, Estadísticas de México 2009, Petróleos Mexicanos, Subdirección de Planeación y Coordinación. Anuario Estadístico. La Industria Petrolera en México. Petróleos Mexicanos. Subdirección de Administración y Finanzas. Memoria de Labores. (México: INEGI, 2009): 6.

INEGI, “El Petróleo”, *INEGI, Sección Economía* [En línea] <https://refinedfuel.wordpress.com/2013/04/10/petroleum-in-latin-petra-means-rock-and-oleum-means-oil-but-the-banquet-cannot-last-for-long/> (Consultado el 1 de Noviembre del 2015).

Instituto Mexicano del Petróleo, “Historia del IMP” (2013) [En línea] <http://www.imp.mx/acerca/?imp=historia> (Consultado el 11 Octubre del 2015).

Janssen R, Rutz DD; Sustainability of biofuels in Latin America: risks and opportunities. *Energy Policy*; 2011; Volume 39 Issue 10.

Jasso, Javier; “Relevancia de la innovación y de las redes institucionales”, *Aportes*, Vol. VIII, No. 025, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México (2004): 9.

Lajous, Adrián, “El futuro nos alcanzó: notas sobre el cambio energético de Norteamérica” *Nexos* (Junio del 2013): 29.

L. Cotula; N. Dyer; Vermeulen S., “Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people’s access to land”, *FAO and IIMAD* (2008) [En línea] <http://www.fao.org/3/a-i0440s/i0440s07.htm> (Consultado el 10 de Agosto del 2016).

Lawrence, Paul; Lorsch, Jay, *La empresa y su entorno*, Gestión e Innovación ( Barcelona, 1987).

Lichtenthaler, E., “Technology intelligence: identification of technological opportunities and threats by firms”, *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, Vol. 2, No. 3 (2006): 289-323.

Machlup, Fritz, *The production and distribution of knowledge in the United States* (Princeton: Princeton University Press, 1962): 9.

Marshall, Alfred, *Principles of Economics* (Londres: Mac Millan and Co., 1890).

Martins, Alejandra, “¿Qué es el Fracking y porqué genera tanta protestas?”, *BBC MUNDO*; (29 de Octubre del 2013) [En línea] [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/10/131017\\_ciencia\\_especial\\_fracking\\_abc\\_am](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/10/131017_ciencia_especial_fracking_abc_am) (Consultado el 27 Enero del 2015).

Matheo-Software.com; “Matheo Analyzer Análisis de bases de datos y mapas de información” [En Línea] <http://www.matheo-software.com/es/matheo-analyzer/> [Consultado el 04 de Abril del 2016]



Medellín Cabrera, Enrique, *Construir la innovación: gestión de la tecnología en la empresa*, Primera Edición, Fundación de educación superior-empresa (Siglo XXI editores, 2013): 9.

El economista.com.mx; “Mezcla mexicana cae a 18.90 dólares por barril, su peor a nivel desde 2002”, en *El Economista* (20 de Enero del 2016) [En línea] <http://eleconomista.com.mx/mercados-estadisticas/2016/01/20/mezcla-mexicana-cae-1890-dolares-barril-su-peor-nivel-2002> (Consultado el 21 de Enero del 2016).

Milenio.com, “Crean máquina que convierte aceite y PET en combustible” (18 de Enero del 2016) [En Línea] [http://www.milenio.com/cultura/maquina\\_convierte\\_PET\\_en\\_combustible-invento\\_mexicano-biodiesel-Valentin\\_Galvez\\_Salas\\_0\\_667133309.html](http://www.milenio.com/cultura/maquina_convierte_PET_en_combustible-invento_mexicano-biodiesel-Valentin_Galvez_Salas_0_667133309.html) (Consultado el 30 de Junio del 2016).

Montero Mauro, Álvaro, “Se desfonda la mezcla de PEMEX a 29.65 dólares”, *El Financiero Sección Mercados* (8 de Diciembre del 2015) [En línea] <http://www.elfinanciero.com.mx/mercados/commodities/se-desfonda-la-mezcla-de-pemex-cae-a-29-65-dolares.html> (Consultado el 10 de Diciembre del 2015).

Morelos Gómez, José, “Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina”, *Revista Estudios Gerenciales ScienceDirect*, Vol. 32, No. 139 (Abril–June del 2016): 122 [En línea] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592316300018> (Consultado el 04 abril del 2016).

Moreira Cruz, J., *Teorías Administrativas de Sistemas y Contingencia en la Administración Moderna* (2006): 8.

Mortara, L; Kerr, C; Phaal, R; Robert, D., “A toolbox of elements to build Technology Intelligence systems”, *Int. J. Technology Management*, Vol. 47 (2009): 323.

Mortara, L; Kerr, C; Probert, D; Phaal, R., *Technology Intelligence: Identifying threats and opportunities from new technologies* (Cambridge: University of Cambridge Institute for Manufacturing, 2007).

Müller, R.-J.; Kleeberg, I.; Deckwer, W., “Biodegradation of polyesters containing aromatic constituents”, *Journal of Biotechnoly*, No. 86 (2001): 87–95.

National Geographic, “Reciclado el Carbono: extrayendo combustible del aire”, *National Geographic On line* [En Línea] <http://www.nationalgeographic.es/noticias/energia/reciclaje-carbono> (Consultado el 10 de Junio del 2016).

National Science Foundation USA., “Report Managing Nano-Bio-InfoCogno Innovations: Converging Technologies in Society”. M. Bainbridge and M Roco (eds), (Springer, Nederland, 2006).

Nguyen, Tuan, “How to turn plastic bottles into \$78 million of biofuel”, *ZDNet Journal* (08 de Agosto del 2012) [En línea] <http://www.zdnet.com/article/how-to-turn-plastic-bottles-into-78-million-of-biofuel/> (Consultado el 26 de Junio del 2016).

Nuchera, Antonio Hidalgo, “La gestión de la tecnología como factor estratégico de la competitividad industrial”, *Economía Internacional*, No. 330, Vol. VI (1999): [En línea] <http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaindustrial/330/08ahid.pdf> (Consultado el 28 de Mayo del 2015).

OCDE; “Energía” (México): 21 [En línea] <http://www.oecd.org/centrodemexico/44358788.pdf> (Consultado el 19 de Octubre del 2015).

ONU; “*Complexe dynamique composé de plantes, d’animaux, de micro-organismes, et de la nature morte environnante agissant en interaction en tant qu’unité fonctionnelle*”. Definición de ecosistema en el informe encargado por la ONU, *Millenium Ecosystems Assessment* (2001-05).

Operations Evaluation Department; “Designing Project Monitoring and Evaluation.” *Lessons and Practices*, no 8 (06 de Enero de 1996).

Organización de las Naciones Unidas, *Convenio sobre la diversidad biológica* (1992): 3.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, “¿Qué es la propiedad intelectual?”, OMPI No. 450 [En línea] [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/intproperty/450/wipo\\_pub\\_450.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/intproperty/450/wipo_pub_450.pdf) (Consultado el 2 de Febrero del 2016).

Ortiz, Alicia; Romero, Anayantzín; Díaz, Catalina, “1979: Cantarell, el Salvador de un país”; *CNN Expansión* (Miércoles 01 de septiembre de 2010) [En línea] <http://www.cnnexpansion.com/bicentenario/2010/08/27/bicentenario-historia-petroleo-mexico> (Consultado el 19 de octubre del 2015).

PEMEX, “Historia. Petróleos Mexicanos” [En línea] <http://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/default.aspx> (Consultado 11 Octubre del 2015).

PEMEX, “Organismos subsidiarios y filiales” [En línea] <http://www.pemex.com/organismos/Paginas/default.aspx> (Consultado el 11 Octubre del 2015).

PEMEX, “Indicadores petroleros: Informe mensual sobre producción y comercio de hidrocarburos” Vol, XXVII N° 9 (Septiembre del 2015) [En línea] <http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/indicador.pdf> (Consultado 27 Octubre del 2015).

PEMEX, Petróleos Mexicanos, “Quiénes somos”, Página Oficial [En línea] [http://www.pemex.com/acerca/quienes\\_somos/Paginas/default.aspx](http://www.pemex.com/acerca/quienes_somos/Paginas/default.aspx) (Consultado el 26 de Enero del 2015).

PEMEX, “Petróleos Mexicanos en sección de Productos” (08 de Agosto del 2014) [En línea] <http://www.pemex.com/comercializacion/productos/Paginas/default.aspx> (Consultado el 3 de Noviembre del 2015).

Petroleum.co.uk, “API Gravity” (2015) [En línea] <http://www.petroleum.co.uk/api> (Consultado el 1 de Noviembre del 2015).

Piz, V., “Hace agua la producción de petróleo en México”, *El Financiero* (28 de Enero del 2015) [En Línea] <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/hace-agua-la-produccion-de-petroleo-en-mexico.html>

Portal de energías renovables Sitio Solar, “Los biocombustibles a partir de microalgas” [En línea] <http://www.sitiosolar.com/los-biocombustibles-de-microalgas/> (Consultado el 20 de Agosto del 2016).

“Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México” (Noviembre del 2006) [En línea]



[http://www.sener.gob.mx/res/169/Biocombustibles\\_en\\_Mexico\\_Estudio\\_Completo.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/169/Biocombustibles_en_Mexico_Estudio_Completo.pdf) (Consultado el 18 de Agosto del 2016).

Premio Nacional de Tecnología e Innovación; “El modelo y sus funciones”; Tabla 2. [En línea] [http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=45&Itemid=21](http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=21) Consultado el 2 de Febrero 2016

Premio Nacional de Tecnología e Innovación, “Monitoreo Tecnológico” [En línea] [http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=48&Itemid=69](http://www.fpnt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=69) (Consultado el 26 Enero 2016).

Priego Hernández, Oscar, “Petróleo y riqueza: una reflexión para el debate de la reforma energética”, *Pensamiento & Gestión* (2008).

ProMéxico, “Desarrollo sustentable y el crecimiento económico en México” (2014) [En línea] <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/> (Consultado el 26 de Febrero del 2016).

Ramírez, A., Sánchez, J., & García, A. (2004, junio-diciembre). “El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis”. *Revista del Centro de Investigación Universidad La Salle*, vol. 6: pág.56.

Renovablesverdes.com, “Residuos de plásticos permiten fabricar biodiesel” (29 de Junio de 2011) [En línea] <http://www.renovablesverdes.com/residuos-de-plasticos-permiten-fabricar-biodiesel/> (Consultado el 18 de Junio del 2016).

Renovetec, “Qué es el biodiesel” [En línea] <http://www.plantasdebiomasa.net/index.php/paradas-y-grandes-revisiones/45-el-plan-de-mantenimiento-en-ctermosolares> (Consultado el 18 de Mayo del 2016).

Renovetec, “¿Qué es la biomasa?”, 2013 [En línea] <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html> (Consultado el 26 de enero del 2015).

REN21, “Renewables Global Status Report. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH” (2009) [En línea] [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE\\_GSR\\_2009\\_Update.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE_GSR_2009_Update.pdf) (Consultado el 04 de Abril 2016).

Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, “Biodiesel una alternativa práctica como combustible limpio”, No. 45 (2004): 27.

Rosenberg, Nathan; “Studies science and the innovation process”, *World scientific* (USA, 2010): 275.

S. Calle, Merche; Gómez, Juan Enrique, “Energías renovables”, *Waste Magazine* [En línea] <http://waste.ideal.es/biodiesel.htm> (Consultado el 26 de Abril del 2016).

SAGARPA, *Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico* (2012): 18 [En Línea] [http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/documents/proinbios\\_20091013.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/documents/proinbios_20091013.pdf) (Consultado el 25 de Julio del 2016).

SAGARPA, *Programas públicos* [En línea] <http://www.bioenergeticos.gob.mx/bio/index.php/programas.html> (Consultado el 02 de Agosto del 2016).

Sagars A. D.; Kartha, S., "Bioenergy and sustainable development", *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 32 (2007): 131– 167.

Saayman, A; Pienaar; et. all, "Competitive intelligence: construct exploration, validation and equivalence", *Aslib Proceedings: New Information Perspectives*, Vol. 60 No. 4 (2008): 383-411.

Santoyo, Becky, "El impulso a la producción de biocombustible en México"; *Veo Verde* (04 de Septiembre del 2014) [En línea] <https://www.veoverde.com/2013/09/el-impulso-a-la-produccion-de-biocombustible-en-mexico/> (Consultado el 18 de Julio del 2016).

Sbarbi Osuna, Maximiliano, "Brasil se convierte en líder energético mundial" [En línea] <http://www.rebellion.org/noticia.php?id=91206> (Consultado el 04 Abril 2016).

Schettino, Macario, "El mito de la energía en México", *Nueva Sociedad*, No. 220 (Marzo-Abril del 2009):150-151.

Schumpeter, J. A., *The theory of economic development*. (New Brunswick: Transaction Publishers, 2004).

Schumpeter, Joseph, *Teoría del desenvolvimiento económico*, Quinta reimpresión (México: Fondo de Cultura Económica, 1978): 72.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Rio de Janeiro, República Federativa del Brasil- Junio de 1992*, Jefatura de Gabinete de Ministros, , [En Línea] <http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/ageindi.htm> (Consultado el 29 de Octubre del 2015).

Secretaría de Energía, *Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014* [En línea] [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE\\_2014.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215/ENTEASE_2014.pdf) (Consultado el 29 de Julio del 2016).

SENER, "Acerca del IMP" (Miércoles de 10 Diciembre del 2014) [En línea] <http://www.imp.mx/acerca/> (Consultado el 29 de Diciembre del 2015).

Serna, Fabiola; Barrera, Luis; et all. "Impacto social y económico en el uso de biocombustibles", *Journal of Technology Management & Innovation*, Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Economía y Negocios, Volumen 6, No. 1 (2011): 102.

Sistema de Información de Combustibles Líquidos, "El petróleo" (21 de Noviembre del 2011) [En línea] <http://www.sicom.gov.co/index.shtml> (Consultado el 22 de Junio del 2016).

Sorda G.; Banse, M.; Kemfert, C., "An overview of biofuel policies across the world", *Energy Policy*, Vol. 38, No. 11 (Noviembre, 2010):6977–6988.11):6977–6988.

Task Force reports, "Management of Technology", *International Journal of technology Management*, Vol. 2, No. 2 (1987): 304.

Teece, D., "Profiting from technological innovation: Implications for Integration, Colloboration, Licensing and Public Policy", *Research Policy*, Vol. 15, 285-305.

Trejo Estrada, Sergio; La biotecnología en México: La situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo; (México, 2010, Centro de investigación en biotecnología aplicada del IPN): 13-14.

UKessays, "La crisis petrolera" [En línea] <http://www.ukessays.co.uk/essays/economics/la-crisis-petrolera.php> (Consultado el 19 de Octubre del 2015).

Universidad Nacional de Ingeniería, "Uso de Biodiesel en Motores diésel", Instituto de motores de combustión interna [En línea] [http://www.motores.uni.edu.pe/pry\\_04.html](http://www.motores.uni.edu.pe/pry_04.html) (Consultado el 18 de Mayo del 2016).

Valdivia Gil, Gerardo, "La crisis del petróleo en México, el sector energético nacional y la visión de largo plazo del desarrollo del país", *Foro Consultivo Científico y Tecnológico*, A.C. (México, 2008): 33.

Vega, Leonardo, *Innovación y competitividad*, Revista de Antiguos Alumnos del IEEM, *Hoy&Ayer* (2001): 73 [En línea] [http://socrates.ieem.edu.uy/wp-content/uploads/2011/10/hoy\\_ayer.pdf](http://socrates.ieem.edu.uy/wp-content/uploads/2011/10/hoy_ayer.pdf) (Consultado el 28 de Mayo del 2015).

Vega González, Roberto; Solleiro, José Luis, *Manual Inteligencia Tecnológica Competitiva* (México: UNAM, 2002): 4.

Widman International SRL, "Grados API y El Peso Especifico" (2015) [En línea] [http://widman.biz/Seleccion/grados\\_api.html](http://widman.biz/Seleccion/grados_api.html) (Consultado el 1 de Noviembre del 2015).

Winner, L., *Tecnología Autónoma* (Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1979).

WordPress.com, "Refined Fuel" (10 de Abril del 2013) [En Línea] <https://refinedfuel.wordpress.com/2013/04/10/petroleum-in-latin-petra-means-rock-and-oleum-means-oil-but-the-banquet-cannot-last-for-long/> (Consultado el 1 de Noviembre del 2015).

World Bank. "Designing Project Monitoring and Evaluation" Lessons and Practices, no 8. Operations Evaluation Department. Washington DC. (06 de enero de 1996).

World Watch Institute, "Global Fossil Fuel Consumption Surges" (Noviembre del 2015) [En Línea] <http://www.worldwatch.org/global-fossil-fuel-consumption-surges> (Consultado del 03 de Noviembre del 2015).

Worldwide Espacenet Patent search [En Línea] [https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en\\_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?search=bioethanol&DB=EPODOC&submitted=true&locale=en_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=bioethanol)

Y., Chisti, "Biodiesel from microalgae beats bioethanol", *Trends Biotechnol*, No. 26, Vol. 3 (2008): 31-126 [En línea] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18221809/> (Consultado 28 de Mayo del 2016).

Zafranet.com, "Productores cañeros. Datos Indicativos, proporcionados por la Dirección de Enlace y Federalismo de la SAGARPA" [En Línea] <http://www.zafranet.com/productores-caneros/> (Consultado el 4 de Abril del 2016).

Zorrilla Arena, Santiago; Silvestre Méndez, José, *Diccionario de Economía* (México: Limusa, 2010).