

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMATICA**

**ECONOMÍA**

**EVALUACIÓN CON OPCIONES  
REALES PARA LA INSTALACIÓN DE  
UNA PLANTA DE BIOETANOL**

**GABRIELA LÓPEZ ZABALETA**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE :

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**


2014

La presente tesis titulada: **"Evaluación con opciones reales para la instalación de una planta de bioetanol"** realizada por la alumna: Gabriela López Zabaleta bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR


CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSÉ DE JESÚS BRAMBILA PAZ

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DRA. LAURA ELENA GARZA BUENO

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
M.C. JOSÉ ALONSO VELÁZQUEZ LEYVA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2014

# EVALUACIÓN CON OPCIONES REALES PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL

## RESUMEN

Las actividades del sector transporte son caracterizadas por ser altamente contaminantes debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático. Hoy en día se plantea que los combustibles alternativos ofrecen una opción frente a los combustibles fósiles, ya que su combustión es más limpia, produciendo menores cantidades de GEI. En este sentido es necesario ampliar en unos años la biorefinería para refinar la demanda de bioetanol, pudiendo utilizarse como biocombustible cuando su pureza es cercana al 100%; y mezclarse con la gasolina en cantidades variables para reducir este problema. El objetivo de este trabajo fue evaluar el proyecto por medio de opciones reales a la evaluación tradicional agregan valor al proyecto utilizando los métodos tradicionales (VAN, TIR, B/C). Los resultados indican que con la evaluación tradicional el proyecto es rentable al obtener un VAN y TIR positivo, mientras con la evaluación con opción de expansión incrementó el valor del proyecto. En el análisis de las opciones reales demuestra que para el caso de México, el insumo más favorable para la producción de bioetanol es la caña de azúcar. Por lo tanto, para mejorar la toma de decisiones, es necesario integrar a los instrumentos de valoración tradicional, las metodologías de opciones reales, principalmente cuando las biorefinerías se encuentran en un escenario de riesgo o incertidumbre.

**Palabras clave:** biocombustible, evaluación de proyectos, biorefinería, riesgo, incertidumbre.

# REAL OPTIONS EVALUATION FOR THE INSTALLATION OF A PLANT BIOETANOL

## ABSTRACT

The transport sector activities are characterized by being highly polluting due to emissions of greenhouse gases (GHGs) that contribute to climate change. Today is proposed that alternative fuels offer an option to fossil fuels and its combustion is cleaner, producing lower amounts of GHG. In this sense it is necessary to expand in years to refine biorefinery demand for bioethanol and can be used as biofuel when its purity is close to 100%; and blended with gasoline in varying quantities to reduce this problem. The aim of this work was to evaluate the project through traditional evaluation real options add value to the project using traditional methods (NPV, IRR, B / C). The results indicate that traditional evaluation the project is profitable to get a positive NPV and IRR, while the evaluation with optional expansion increased the value of the project. In real options analysis shows that for the case of Mexico, the most favorable for the production of bioethanol input is sugarcane. Therefore, to improve decision-making, it is necessary to integrate the tools of traditional valuation methodologies real option, especially when biorefineries are in a stage of risk or uncertainty.

**Keywords:** biofuel, project evaluation, biorefinery, risk, uncertainty.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de maestría y la presente investigación.

Al Colegio de Postgraduados y en particular al programa de Economía por permitirme encontrar con profesores comprometidos de transmitir sus enseñanzas.

A mi consejero el Dr. José de Jesús Brambila Paz por dirigir esta investigación con gran dedicación, orientación, paciencia y por los nuevos conocimientos brindados durante mi formación académica.

A la Dra. Laura Elena Garza Bueno por su atención, sugerencias y esmerada revisión de esta investigación durante este tiempo.

Al M.C. José Alonso Velázquez Leyva por brindarme sus orientaciones, sugerencias y amistad durante la realización de esta investigación.

A mis profesores que me brindaron su educación durante este tiempo, por formarme en el área de economía y ser una persona capaz y comprometida a resolver los problemas económicos de nuestro país.

A las M.C. María Magdalena Rojas y M.C. Verónica Pérez por brindarme su orientación, apoyo y amistad durante mi estancia en el colegio.

A mis compañeros de economía que me brindaron su amistad, apoyo, ayuda y desvelos durante los dos años en mi estancia en el colegio.

## DEDICATORIAS

A Dios por haberme dado la sabiduría, fuerza y la oportunidad para alcanzar otra meta más en mi vida.

A mis padres Elizabeth Zabaleta Buendía y Carlos Arturo López Martínez por haberme dado su cariño, apoyo, confianza y por inculcarme valores que han permitido ser una persona de bien y estar conmigo siempre, gracias papás.

A mis hermanos Carlos y Lorena por darme ánimos, apoyo y su ayuda durante los momentos desesperados en la realización de este trabajo, gracias hermanitos.

A mi sobrina Vanessa por ser la alegría en los momentos de desesperación durante la realización de esta investigación, gracias bebé.

A mi abuelita Isabel Buendía Pichardo (Q.E.P.D) fallecida dos años por haberme dado su cariño, comprensión y todos los momentos felices que compartir con ella, gracias Mamá Isabel.

A mi abuelito Juan López Méndez (Q.E.P.D) por haberme acompañado donde quiera que este durante todo este tiempo y teniendo su recuerdo en mente, gracias abuelito.

A mis tías Rebeca y Lorena que viven en los Estados Unidos por darme ánimos durante mi estancia en el colegio, gracias tías.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Planteamiento del Problema.....	11
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivo Específico.....	14
1.4 Hipótesis.....	14
1.5 Justificación.....	15
1.6 Metodología.....	16
1.6.1 Proyectos de Inversión.....	16
1.6.2 Métodos de Valoración Tradicionales.....	19
1.6.2.1 Valor Actual Neto (VAN).....	20
1.6.2.2 La tasa interna de rendimiento (TIR).....	23
1.6.2.3 Análisis Costo-Beneficio.....	23
1.6.3 Evaluación por medio de opciones reales.....	24
1.6.3.1 Árboles Binomiales.....	25
1.6.3.2 Árboles binomial con opción americana.....	29
1.6.3.3 Árboles binomial con opción europea.....	30
<b>CAPÍTULO 2. LOS BIOCOMBUSTIBLES.....</b>	<b>32</b>
2.1 Desarrollo de los Biocombustibles.....	32
2.1.1 Criterio para la selección de biocombustible.....	32
2.1.2 Proceso de Producción de los biocombustible.....	34
2.2 Futuro de los Biocombustibles.....	38
2.2.1 Los biocombustibles en México.....	39
2.2.2 Interés por biocombustibles.....	40
2.2.3 Oportunidad de Negocio.....	40
2.3 Bioeconomía.....	41
2.4 Cadenas de Valor.....	42
2.5 Red de Valor.....	43

<b>CAPÍTULO 3. BIOETANOL EN MÉXICO.....</b>	<b>46</b>
3.1 El Bioetanol.....	46
3.2 El Bioetanol como biocombustible.....	46
3.3 Usos.....	48
3.4 Componentes.....	48
3.5 Comercialización.....	49
3.5.1 Situación Actual de Bioetanol en México.....	49
3.5.2 Mercado Internacional.....	53
3.5.3 Mercado Nacional.....	56
3.6 Red de Valor del Bioetanol.....	58
<b>CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN Y ANALISIS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN...61</b>	
4.1. Datos generales del proyecto de inversión mediante evaluación tradicional.....	61
4.1.1 Análisis de la Evaluación Tradicional.....	64
4.2 Opciones reales de Expansión y Salida.....	66
4.2.1 Árboles binomiales.....	66
4.2.1.1 Análisis de la aplicación de los árboles binomiales.....	66
<b>CAPÍTULO 5. PLAN DE NEGOCIOS PARA EL BIOETANOL.....</b>	<b>74</b>
5.1 Análisis de Mercado.....	74
5.2 Estrategias.....	76
5.3 Proyecto.....	76
5.3.1 Capital.....	77
5.3.2 Maquinaria.....	77
5.3.3 Insumos.....	79
5.3.4 Materia Prima.....	79
5.3.5 ¿A quién se venderá el bioetanol?.....	80
5.4 Misión y Visión.....	81
5.5 Objetivos Organizacionales.....	81
5.6 Análisis FODA.....	81



5.7 Competencia.....	83
5.8 Permisos que se debe cubrir por Ley.....	83
5.9 Fuentes de Financiamiento.....	84
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.1.- Porcentaje de utilización de los principales métodos de evaluación actualmente.....	18
Cuadro No.2.- El VAN y la toma de decisiones.....	22
Cuadro No.3.- Producción de bioetanol en refinerías en México y capacidad instalada (Litros por ciclo agrícola).....	50
Cuadro No.4.- Comparativo de la producción de bioetanol en México, 2010.....	51
Cuadro No.5.- Precios de gasolina magna, premium y diesel.....	52
Cuadro No.6.- Costos de establecimiento de bioetanol en alcohol-caña, 2011.....	61
Cuadro No.7.- Composición de los costos de bioetanol en alcohol-terceros, 2011.....	62
Cuadro No.8.- Composición de costos de bioetanol en alcohol-melaza, 2011.....	63
Cuadro No.9.- Obtención de VAN, TIR y B/C.....	65
Cuadro No.10.- Costos de los equipos, 2011.....	78
Cuadro No.11.- Costos de insumos para la producción de bioetanol, 2011.....	79
Cuadro No.12.- Costos de la materia prima a partir de caña de azúcar (pesos por litro), 2011.....	80

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No.1.- Principales países productores de bioetanol por país 2009-2010 (millones de galones internacionales).....	54
Gráfica No.2.- Países Exportadores de bioetanol, 2011 (valores de dólares y litros).....	55
Gráfica No.3.- Países Importadores de bioetanol, 2011 (valores de dólares y litros).....	56
Gráfica No.4.- Importaciones de alcohol etílico en México 2000-2010.....	57
Gráfica No.5.- Consumo de los Biocombustibles.....	74
Gráfica No.6.- Exportaciones de biocombustibles a nivel mundial, 2009.....	74
Gráfica No.7.- Importaciones de biocombustibles a nivel mundial, 2009.....	75

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.- Muestra de ejecución en un modelo binomial.....	26
Diagrama 2.- Ejemplo de un árbol binomial de volatilidad de precios.....	27
Diagrama 3.- Árbol binomial con opción americana.....	29
Diagrama 4.- Árbol binomial con opción europea.....	30
Diagrama 5.- Proceso de Producción de biodiesel en una economía circular.....	35
Diagrama 6.- Procesos de Producción de bioetanol en una economía circular.....	37
Diagrama 7.- Red de Valor.....	44
Diagrama 8.- Elementos de una Red de Valor.....	45
Diagrama 9.- Representación de la Fórmula de Bioetanol (Alcohol Etílico).....	49
Diagrama 10.- Propuesta de una red de valor de bioetanol y gasolina con empresa privada.....	59

## ÍNDICE DE ÁRBOLES BINOMIALES

Árbol binomial 1.- Con volatilidad de precios reales.....	68
Árbol binomial 2.- Con opción de expansión.....	69
Árbol binomial 3.- Con opción de salida.....	70
Árbol binomial 4.- Con opción de expansión y salida.....	73

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

Desde comienzos del presente siglo se ha reforzado el cuestionamiento del modelo energético, que está basado preferentemente en los combustibles (carbón, gas natural y gasolina). Resultan cada vez más evidentes los límites de dicho modelo, tanto en orden económico (altos precios de la energía), como el plano social (inequidad y pobreza energética) y ambiental (implicaciones adversas para el entorno) (FAO, 2005).

Hasta el momento, el modelo energético funciona sólo bajo criterios de eficiencia de mercado basada en un análisis coste-beneficio y un enfoque estrictamente financiero (Gómez, 2008). Con los compromisos de Kioto fue necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el sector de la energía se vio obligado a un cambio paradigmático. Si bien los resultados no han sido adecuados para conseguir los objetivos de reducción de emisiones, durante los últimos años la industria de las energías renovables ha tenido un gran desarrollo tecnológico que ha propiciado que se aumente la capacidad instalada, principalmente en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) como Alemania, Bélgica, Austria, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, entre otros. Las tecnologías renovables ofrecen siete tipos de fuentes energéticas: solar, eólica, biomasa, biocombustibles, hidroeléctrica, energías del mar y geotérmica estas pueden mejorar las condiciones energéticas e implementar un nuevo modelo (SENER, 2006).

El uso desmedido de los combustibles fósiles (gas natural, carbón y gasolina) libera a la atmósfera altos niveles de dióxido de carbono, que es uno de los principales factores que conducen a la contaminación del aire y al cambio climático. Uno de los recursos más problemáticos es el carbón, pues la liberación de los contaminantes por causa de su quema caen a la tierra en forma de precipitación; esto es lo que se conoce como lluvia ácida (PNUD, 2013). No obstante, antes de continuar conviene aclarar que cuando hablamos de combustibles fósiles nos referimos a sustancias ricas en energía que se han formado a partir de plantas y microorganismos enterrados durante mucho tiempo. Los combustibles fósiles, que incluyen el petróleo, carbón y gas natural, proporcionan la mayor parte de la energía que mueve la moderna sociedad industrial. La gasolina o el gasóleo que utilizan nuestros automóviles, el carbón que mueve

muchas plantas eléctricas y el gas natural que calientan nuestras casas son todos combustibles fósiles.

Químicamente los combustibles fósiles consisten en hidrocarburos, que son compuestos formados por hidrógeno y carbón; algunos contienen también pequeñas cantidades de otros componentes. Los hidrocarburos se forman a partir de antiguos organismos vivos que fueron enterrados bajo capas de sedimentos hace millones de años. Debido al calor y la presión creciente que ejercen las capas de sedimentos acumulados, los restos de los organismos se transforman gradualmente en hidrocarburos. Los combustibles fósiles más utilizados son el petróleo, el carbón y el gas natural. Estas sustancias son extraídas de la corteza terrestre y, si es necesario, refinadas para convertirse en productos adecuados, como la gasolina, el gasóleo y el queroseno. Algunos de esos hidrocarburos pueden ser transformados en plásticos, sustancias químicas, lubricantes y otros productos no combustibles.

Según la OMM (2009), los geólogos han identificado otros tipos de depósitos ricos en hidrocarburos que pueden servir como combustibles. Estos depósitos, que incluyen los esquistos petrolíferos, las arenas alquitranadas y los gases hidratados, no son muy utilizados, ya que la extracción y el refinado resultan muy costosos.

La mayoría de los combustibles fósiles se utilizan en el transporte, las fábricas, la calefacción y las industrias de generación de energía eléctrica. El petróleo crudo es refinado en gasolina, gasóleo y combustible para reactores, que mueven el sistema de transporte mundial. El carbón es el combustible más utilizado para generar energía eléctrica y el gas natural es empleado sobre todo en la calefacción, la generación de agua caliente y el aire acondicionado de edificios comerciales y residenciales.

En la actualidad, la dependencia del petróleo y, en especial la de los países industrializados, ha hecho que la necesidad de consumir energía se haya incrementado y que la actual producción de los combustibles fósiles, no sea suficiente para abastecer la demanda de energía. Estudios europeos estiman que el consumo mundial de petróleo, combinando factor demográfico con una tasa anual de crecimiento de la economía mundial de 3.5% durante las próximas dos décadas,

deberá pasar de 9.3 mil millones de toneladas a 15 mil millones en el 2020 (Barrientos, 2008).

Debido a las consecuencias de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), se ha identificado al uso de los subproductos del crudo como un gran responsable en el fenómeno del calentamiento global, causante de gran parte de los cambios meteorológicos y del medio ambiente que se han suscitado en los últimos tiempos.

Dentro de este contexto, aparecen los biocombustibles, denominados así a aquellos combustibles de origen biológico y que son renovables a partir de los restos orgánicos de donde proceden, como el bioetanol, obtenido a partir de materias primas de origen agrícola, son productos que están siendo utilizados a nivel comercial como sustituto de los combustibles derivados del petróleo, la misma que suelen ser una propuesta innovadora en el reemplazo y diversificación de las fuentes energéticas actuales, así como por su accesibilidad y menor impacto negativo al medio ambiente.

El bioetanol viene siendo producido en otros países, a partir de la fermentación de granos en los Estados Unidos, de caña de azúcar en el Brasil y de cereales en la Unión Europea; sin embargo, en estos casos resulta disponer de grandes extensiones de tierra para el cultivo de la materia prima; lo que, podría desplazar a la agricultura tradicional e incrementar los costos de los alimentos (ITDG, 2008).

Los biocombustibles son el segmento de más rápido crecimiento del sector bioenergético y proporcionan actualmente el equivalente a 20 millones de toneladas de petróleo aproximadamente alrededor del 1% de la demanda mundial de combustible para el transporte por carretera. Las proyecciones correspondientes a 2025 indican que la producción de biocombustible podría alcanzar una cantidad de 92 a 147 equivalente a millones de toneladas de petróleo, esto es, entre el 4% y 7% de la demanda para el transporte por carretera, dependiendo de la hipótesis sobre políticas que se emplee (ASERCA, 2006).

Por otro lado, los biocombustibles también son interesantes para la economía nacional. Cuando son producidos en el propio país, pueden generar empleo y contribuir al producto interior (Brown, 2006). La producción de éstos en el propio país puede

impulsar la economía nacional, aumentando las oportunidades de negocios y los ingresos de los agricultores. En este contexto, es de esperar que el aumento de la producción de materias primas para biocombustibles en áreas rurales contribuya a la mitigación de la pobreza (Coello, 2005).

México tiene grandes posibilidades de convertirse en un país productor de biocombustibles, fundamentalmente de bioetanol a base de caña de azúcar, maíz, yuca, sorgo, remolacha azucarera, con las tecnologías maduras existentes, buscando desarrollar alternativas energéticas en el país, así como contar con sistemas de transporte sustentables.

Dentro del actual panorama una de las alternativas para sustituir los combustibles fósiles, es aprovechar como fuente de energía, la caña de azúcar. Ya sea la azúcar misma o el bagazo. El bagazo es lo que queda una vez exprimida la caña, y resulta muy útil como combustible, forraje y material para construcción.

Los ingenios azucareros utilizan el bagazo como fuente de energía, para obtener calor durante el proceso de elaboración del azúcar. La tecnología moderna permitiría aprovechar el bagazo con mucha más eficacia, de modo que sobra mucho que se puede utilizar para generar electricidad mediante una central normal de combustión y generación de energía.

Imaginemos un ingenio azucarero que utilice calor para producir azúcar, pero que también proporcione fuerza a la red de energía eléctrica de la ciudad. Así, una industria productora de alimentos se convierte también en una industria productora de energía. En muchos países ya se está haciendo. Brasil es famoso por aprovechar parte de los productos del azúcar para producir bioetanol que se utiliza en los automóviles. Según Pérez (2007) Brasil tienen 6 millones de automóviles que funcionan a partir de una mezcla de 25% de bioetanol en la gasolina. Esto tiene la ventaja de que reduce la contaminación y además no se requiere utilizar plomo, de modo que se obtiene una gasolina sin plomo.

Así pues, haya diferentes formas de elaborar combustibles de biomasa: por combustión, destilación, gasificación y fermentación. Y existe una enorme variedad de combustibles de biomasa. Es evidente que nuestro principal interés respecto al cambio climático es tratar de fomentar el uso general de energía de biomasa porque es una de las principales formas de reducir las emisiones de efecto invernadero.

¿Qué ventajas tienen en comparación con otras formas de energía? (combustibles de origen fósil, biocombustibles). Respecto a los combustibles fósiles, la mayor ventaja es que son neutros en CO<sub>2</sub> y que son renovables. Los combustibles fósiles sólo van a durar otros 40 o 50 años (Pérez, 2007).

Con los biocombustibles es posible obtener gran variedad. Se pueden utilizar los biocombustibles para producir que se puede quemar, o para producir un líquido que se puede almacenar en tanques y surtir con bombas, o se puede utilizar la biomasa para producir algo semejante al carbón que se coloca en costales y se exporta, es un combustible versátil tanto en su comercialización como en su aprovechamiento final.

El bioetanol es un combustible que se puede producir a partir de un gran número de plantas, con una variación, según el producto agrícola, del rendimiento entre el combustible consumido y el generado en dicho proceso. El bioetanol está sujeto a una fuerte polémica: para unos se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible que puede ofrecer ventajas medio ambientales y económicas a largo plazo en contraposición a los combustibles fósiles, mientras que para otros es el responsable de grandes deforestaciones y del aumento del precio de los alimentos, al suplantar selvas y terrenos agrícolas para su producción, dudando además de su rentabilidad energética (Gómez, 2008).

El bioetanol tiene las mismas características y composición química que el etanol ya que se trata del mismo compuesto. La diferencia radica en su proceso de producción. El bioetanol ha de ser obtenido desde biomasa, no pudiendo obtenerse del petróleo.



Todos los licores alcohólicos que proceden de la fermentación del azúcar de alguna planta se pueden denominar como bioetanol.

Debido al aumento de las medidas tomadas para controlar las emisiones totales de gases de efecto invernadero, la utilización de este alcohol como combustible para los automóviles por carretera está creciendo muy rápido (CEPAL, 2010). Un análisis del ciclo de vida completo de este producto como combustible muestra como las emisiones generadas en el proceso de producción del combustible y las de operación son compensadas por las fijadas en el cultivo durante su crecimiento.

Aún están pendientes estudios claros acerca de las emisiones de este combustible en la operación. Es posible que contaminantes orgánicos como el benceno o algunos aldehídos aumenten, por lo que es necesario estudiar su impacto en la salud humana.

El bioetanol se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de caña de azúcar y maíz, entre otros. Sin embargo, los actuales métodos de producción de bioetanol utilizan una cantidad significativa de energía en comparación con la energía obtenida del combustible producido. Por esta razón, no es posible sustituir enteramente el consumo actual de combustibles fósiles por bioetanol.

Según Pérez (2007) un problema actual es que la rentabilidad de una biorefinería depende de los precios y, en el caso del bioetanol éstos suelen ser variables. De ahí que se recomienda combinar la producción de la misma alternándola con azúcar. Por tanto, una biorefinería polivalente que produce productos de la bioeconomía debe ser técnicamente capaz de adecuarse a los cambios de precios para producir azúcar o bioetanol o ambos para que el valor del proyecto sea más rentable, en cambio una biorefinería monovalente que produce únicamente azúcar o bioetanol tiene mayor riesgo porque puede tener márgenes con ganancias o pérdidas. En 2006, el precio de la caña de azúcar en el mercado mundial para abastecer el mercado de bioetanol en Brasil causó un aumento del 100% en el precio del azúcar de caña, que representan una de las principales fuentes de alimento de la población (FAO, 2006). Además, y de esta manera, cada vez que aumenta el precio del petróleo ahora se mueven en forma

ascendentes los precios de los alimentos, sin duda un gran negocio para las empresas que controlan el mercado global de alimentos, pero una muy mala noticia para los pueblos del mundo que procuran sus alimentos diariamente.

La actual coyuntura ha originado varios países como Estados Unidos, Alemania, Brasil, España apuntan a la producción de este biocombustible y, en muchos casos, a la búsqueda de nuevos proveedores; en tal sentido, las nuevas inversiones deberán apuntar a la obtención de este producto con miras a la exportación (CEPAL, 2008b).

El mercado local es incipiente y sus perspectivas de desarrollo con relación a la producción son pocas, aunque el mercado todavía es pequeño, sus tasa de crecimiento lo hace más atractivo y los inversionistas se encuentran en la búsqueda de nuevos campos agrícolas para el cultivo de la materia prima (caña de azúcar).

En términos generales, la caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas de biomasa por su alto rendimiento y bajo costo (Guevara, 2006).

Considerando lo anterior este trabajo tiene como objetivo analizar la evaluación económico-financiera de instalar una planta de producción de bioetanol con la opción de expansión su capacidad instalada cuando los precios de bioetanol se incrementen por arriba de la media. Para el desarrollo del trabajo se utilizara la metodología de opciones reales con el fin de determinar la factibilidad de inversión.

El contenido se ordena por cinco capítulos; el primero consta de antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, hipótesis, justificación, y lo que implica una metodología para el proyecto de inversión así como su desarrollo, incluyendo los indicadores financieros de la manera tradicional, y el método de evaluación por medio de opciones reales aplicado al proyecto en el tiempo de análisis.

En el segundo capítulo consta de un marco conceptual, siendo la Bioeconomía en su concepto, desarrollo y futuro de los biocombustibles, y lo que implica una red de valor.

En el tercer capítulo se conocerá el bioetanol, sus usos, componentes, como biocombustible funcional, así como su comercialización; finalizando con una propuesta de una red de valor para el bioetanol.

En el cuarto capítulo se realizara un análisis tradicional obteniendo los indicadores TIR, VAN, B/C, y otro por medio de opciones reales a través de árboles binomiales con opción de ampliación; y salida europea y americana, dando a conocer la factibilidad de inversión. Analizando algunos escenarios; se obtendrán resultados, y sabremos si es rentable o no realizarlo en estos momentos, o dejar que la producción continúe como se ha llevado a cabo hasta ahora.

El quinto capítulo se presenta una propuesta de plan de negocios que consiste en tocar puntos clave, si es factible invertir ahora, entonces habrá demanda, como se debe impulsar a través de una red de valor, analizando el mercado, estrategias, competencia, análisis del entorno al cual se enfrenta, permisos que debe cubrir, capital, maquinaria, etc., y proponer a diversas empresas, que estén dispuestas a invertir en investigaciones y llevar a cabo el desarrollo del bioetanol para el mercado de biocombustibles, seguido de esto se procede a realizar un análisis financiero.

### **1.1.- Antecedentes**

La crisis energética mundial y el aumento del precio del crudo actualmente han llevado al ser humano a buscar nuevas formas de obtención de energía alternativas y menos contaminantes que suplan paulatinamente al petróleo como recurso no renovable. Para ello se ha optado por el uso y la explotación de fuentes de energía renovables, como el viento, el sol, las olas, la Geotérmica y la biomasa. De estos últimos se desprende el término de bioenergía (González, 2009).

En 1997, bajo el Protocolo de Kyoto, 39 países acordaron reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 5% para el período 2008-2012, tomando como base las emisiones del año 1990. Ante ello, se inició la búsqueda de fuentes alternativas de combustible para sustituir a los combustibles fósiles empleados hasta entonces. De esta manera surgen los biocombustibles como una fuente alternativa de energía.

El crecimiento en la producción de biocombustibles y la aplicación de políticas en éstos, han traído una nueva fuente de volatilidad en los mercados de productos agrícolas básicos (FAO, 2008a), afectando la seguridad alimentaria de muchos países, especialmente aquellos países importadores de alimentos.

Cada día, el mundo consume alrededor de 21 millones de barriles de gasolina y otros 21 millones de barriles de diesel. Estas cantidades se traducen en una demanda potencial de alrededor de 30 millones de barriles de etanol y 23 millones de barriles de biodiesel al día. Para efectos de ilustración solamente, si la demanda potencial de bioetanol se traduce en hectáreas de caña de azúcar o maíz, los dos principales materias primas para el bioetanol, entonces se requiere la plantación de 300 millones de hectáreas de caña de azúcar o 590 millones de hectáreas de maíz, alrededor de 15 y 5 veces, respectivamente, de las plantaciones actuales del mundo de esos cultivos (Hazell et al., 2006).

Existe una relación directa entre los precios altos de caña y los alimentos, debido a que los altos costos de caña provocan un incremento en los precios de alimento para el ganado, lo que provoca un incremento en precios de carne, leche y productos lácteos.

La caña es una de las principales materias primas que se usa para la producción de bioetanol en Brasil, por lo que el rápido aumento en los precios de la caña de azúcar coincide con el crecimiento exponencial de la producción de bioetanol de caña en este país.

Brasil ha estado mezclado bioetanol en la gasolina desde finales de 1970, pero sólo en la última década se ha convertido en una porción importante en la mezcla de gasolina. La mezcla de bioetanol con gasolina fue poco más del 1% en volumen en 2001, pero alcanzó cerca del 10% del consumo interno de gasolina en 2011 (FAO, 2012).

De acuerdo a la Asociación de Combustibles Renovables (RFA, por sus siglas en inglés) la producción de bioetanol en Brasil se incrementó de 4000 millones de galones en 2005 a casi 14000 millones en 2011. Este importante y continuo crecimiento fue

impulsado por las políticas establecidas para la producción de bioetanol y los altos precios del petróleo.

El mercado de bioetanol en Brasil es restringido por el límite superior de la mezcla que se puede hacer con la gasolina. Las políticas actuales permiten una mezcla de 10% de bioetanol y el 90% de gasolina (E10%) por volumen (FAPRI, 2010b).

Respecto al bioetanol obtenido de la caña, cabe señalar que un litro de caña, equivale a 25.2 kg, produce alrededor de 2.6 galones (9.84L) de bioetanol, pero en la industria brasileña se podría producir hasta 3.02 galones por litro (Álvarez, 2009).

Para México, la caña de azúcar una de las actividades más importantes del sector rural, no solo en términos de uso de suelo, sino que también en el empleo y en el suministro de alimentos de la población rural y urbana. A nivel nacional se identifican aproximadamente 2 millones de productores dedicados al cultivo de la caña, de estos el 85% lleva a cabo su labor en predios cuya extensión es menor o igual a 5 hectáreas (SIAP, 2007).

En 2007, México fue el sexto productor de la caña según el SIAP y para el 2011 según el USDA pasó a ser el séptimo.

En México, el tema de la caña es un tema muy sensible para la adopción de políticas agrícolas que reorienten su producción y destino. Se menciona por ejemplo, que puede entrar a la carrera para producir bioenergía, pero de no hacerlo en forma apropiada, la gente se enfrentaría al dilema de llenar el tanque de gasolina y contar con electricidad a cambio de sacrificar la canasta básica alimentaria (González, 2009).

De esta manera, si los consumidores conocen las cualidades de este biocombustible puede crecer la demanda del mismo y por ello es importante realizar estudios económicos que estimen la viabilidad económica, social y ambiental de explotar comercialmente esta especie vegetal. Es importante considerar la evaluación de un proyecto de inversión destinando a la producción y comercialización de este producto

dentro de los fundamentos de la Bioeconomía, ya que dicho contexto teórico se evalúa cualidades del proyecto más allá de lo puramente económico.

Algunos fundamentos en los cuales se basa la Bioeconomía para ser una de las ciencias que forman los cimientos de nueva cultura, como resultado de producir y distribuir bienes y servicios que se han obtenido de la transmutación de los seres vivos y sus sustancias para satisfacer las necesidades, son la individualización del consumidor, según sus características y circunstancias, llevando a la formación de redes de valor ya que es un sistema rápido y flexible, juntado y conducido por los mecanismos de preferencia de los nuevos clientes; pasa de ser una economía basada en el petróleo a una basada en la biología; considerados todos los puntos de la producción hasta el consumo (Brambila, 2011a).

Un punto muy importante que debe ser considerado es el impacto ambiental, ante esto surge como única alternativa el proceso de desarrollo de la humanidad de modo sostenible definido como “un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades” (Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU, 1987).

Para alcanzar este desarrollo es necesario mejorar la eficacia de la actuación política y crear las condiciones que favorezcan el desarrollo sostenible; tal vez incitar a los productores a actuar a favor del medio ambiente, capacitar y corresponsabilizar a la ciudadanía, mejorar la legislación vigente y su aplicación, incentivar el desarrollo tecnológico e innovar en materia medioambiental.

## **1.2.- Planteamiento del Problema**

Las actividades del sector transporte se caracterizan por ser altamente contaminantes debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (compuesto por dos átomos de oxígeno y uno de carbono), óxido nitroso N<sub>2</sub>O (lo compone dos átomos de nitrógeno y uno de oxígeno) y emisiones totales de hidrocarburos, que contribuyen de manera importante al cambio climático (Pérez, 2007).

Hoy en día se plantea que los combustibles alternativos ofrecen una opción frente a los combustibles fósiles y brindan además ventajas ambientales ya que su combustión es más limpia, produciendo menores cantidades de GEI. En este sentido a partir de materiales de alto contenido de azúcar es posible obtener uno de sus principales derivados tal como es el bioetanol, el cual es un alcohol altamente conocido en la industria de los alimentos, empleado en la producción de bebidas alcohólicas, pudiendo utilizarse el mismo como biocombustible cuando su pureza es cercana al 100%; o también puede mezclarse con gasolina en cantidades variables para reducir de esta manera el consumo de los productos derivados del petróleo (FAO, 2008b).

El combustible resultante se conoce como “alconafta”. Dos mezclas comunes son E10% (10% de etanol y el 90% de gasolina) y E85% (85% de etanol y el 15% de gasolina), respectivamente; el bioetanol también puede ser usado en determinados procesos industriales y cotidianos, disminuyendo de esta manera las emisiones diarias de GEI.

Los acuerdos de libre comercio y la denominada “e-conomy” han llevado a que hoy en día se estudie el problema de competencia entre cadenas de abastecimiento, más que competencia entre empresas aisladas. La competencia global y el desarrollo tecnológico han cambiado las reglas de juego en el mundo empresarial (Gómez, 2008). Las tácticas y las estrategias que alguna vez tuvieron éxito, hoy no son efectivas, muchos conceptos han sido superados. Estos conceptos, métodos y tácticas, están permanente en revisión y cambio. Tradicionalmente las relaciones proveedor-comprador en la cadena de valor han sido casi nulas. Se parte de que el producto final tiene un precio tal y como está, y que la información que se tiene del siguiente eslabón anterior. Esta actitud se está superando por una en la que toda cadena mira desde el mismo punto: el cliente final, y entre todos los eslabones, cada uno experto en su parte de la cadena de valor trata de sumar valor al producto entregado al cliente final. La red de valor, donde se inicia partiendo del consumidor como punto inicial, analizando el mercado, la industria, los procesos de transformación, el procesamiento de desechos,

y la producción, ya que en la actualidad el bioetanol tiene una cadena de valor muy ordenada (García, 2009).

El proceso de globalización en la que se ven afectadas todos los sectores de la economía, demanda a las empresas tomar acción para ser competitivas con las compañías extranjeras transnacionales que cada vez están apropiando de los mercados latinoamericanos (CEPAL, 2008b).

La situación actual en México para la producción de biocombustibles ha sido marginal o baja, debido que han sido menos desarrollados y utilizados a gran escala en el sector agroindustrial de la caña de azúcar. Siendo que este cultivo permanente posee gran potencial en la generación de empleo rural, fuente de divisas y como proveedores de materia prima para la producción de bioetanol. Sin embargo, hoy las empresas y el gobierno no se encuentran perfectamente alineados para emprender proyectos o programas que hagan realidad ese potencial múltiple. Pues mientras se aspira a que el sector aumente el área sembrada y la producción, principalmente para reducir el desempleo e impulsar el tema de los biocombustibles, no se han considerado herramientas sólidas de toma de decisiones como requisito fundamental para el logro eficiente de tales objetivos y mejorar los niveles de competitividad (SENER, 2010).

En México, el bioetanol se ha conocido como combustible durante muchas décadas, pero su uso masivo como disolvente o biocombustible para las empresas y el transporte se ha visto limitado por sus altos costos de producción, comparados con el precio de la gasolina, el diesel y el gas natural comprimido. Uno de los principales factores que influyen en la viabilidad comercial del bioetanol es el precio del petróleo crudo, que proporciona el patrón contra el cual comparar el costo de la producción de bioetanol combustible, por lo que se hace necesario optimizar su producción con el fin de minimizar los costos asociados, para que esta manera sea viable su uso y pueda competir con combustibles de origen fósil no renovables (Guevara, 2006).

Quizás con la reforma energética se pueda abrir la posibilidad de que en México se encuentre el bioetanol para transporte en unos años. Pero actualmente se puede



invertir la producción de etanol para alcohol industrial o biocombustible y en unos años ampliar la biorefinería para refinar la demanda de bioetanol para el transporte. El problema es que hoy quizás no es rentable la producción de bioetanol por el bajo y volátil precio, pero quizás en unos años el precio mejore y lo haga rentable.

Ante la identificación de este problema se propone realizar la evaluación económica tradicional y la evaluación con opciones reales que permitan evaluar un proyecto de biorefinería para invertir hoy, con opción de ampliar a partir del año 3.

### **1.3.- Objetivos**

#### **1.3.1.- Objetivo General**

Evaluar si es factible invertir, en la actualidad, en la producción de bioetanol, alcohol teniendo como expectativa convertirlo y promoverlo en un futuro como biocombustible.

#### **1.3.2.- Objetivos Específicos**

- Evaluar el proyecto por medio de opciones reales presentando en un escenario de invertir hoy con opción de ampliar cuando los precios aumenten.
- Integrar la volatilidad en los precios de bioetanol con el fin de realizar una evaluación de proyectos con alternativas para toma de decisiones.

### **1.4.- Hipótesis**

- Invertir hoy en una biorefinería para producir bioetanol con una opción en unos años de ampliar la producción para biocombustible es rentable.
- La biorefinería se diseña bajo los principios de economía circular puede ser más rentable.

## **1.5.- Justificación**

Por varias décadas y hasta la fecha se sigue cubriendo gran parte de esta demanda con combustibles de origen fósil, sin embargo, en los últimos años se ha alcanzado la máxima producción de petróleo, de este punto en adelante se ha observado que la producción en los pozos petroleros comienza a disminuir (FAO, 2008c). De las diversas formas de bioenergía, los biocombustibles líquidos representan la principal fuente alternativa que a futuro podría abastecer al sector transporte, dependiente en su totalidad del petróleo (SENER, 2009). Además los biocombustibles podrían sustituir a la gasolina sin cambios significativos en las actuales tecnologías y políticas de transporte. Otro factor importante sobre la producción de biocombustibles es la preocupación acerca del cambio climático, ya que se cree que éste es inducido por la acción humana, específicamente por el uso de combustibles fósiles como: gasolina, diésel, gas, etc. Por otra parte se impulsaría la economía nacional debido al desarrollo del sector agropecuario, ya que los biocombustibles líquidos, en específico los de primera generación, se producen a partir de agrocultivos.

Debido a que en México la demanda de energía aún no excede la capacidad de producción, los biocombustibles podrían ser una alternativa viable de energía ya que estos podrían satisfacer un porcentaje considerable de la demanda nacional de energéticos (Pérez, 2007). Uno de los productos con alto potencial de rendimiento como lo es el bioetanol ya que es capaz de cubrir la demanda de los consumidores, teniendo como ventaja su apariencia muy atractiva, con un alto componentes y alternativas de uso.

En este trabajo se conocerá a detalle las estrategias de estudio sobre la producción de bioetanol a partir de caña, dando a conocer las ventajas y alternativas de uso y consumo, proponiendo una evaluación por opciones reales presentando un escenario con opción de ampliar cuando los precios aumenten y un plan de negocios donde se conozca puntos importantes, como dar a conocer el panorama del proyecto, análisis de mercado, estrategias, misión y visión, objetivos organizacionales y permisos, etc., donde muestre al inversionista que la producción de bioetanol con opción en unos años entrar al mercado de biocombustibles. Es importante saber si el bioetanol

funciona bajo los principios de una economía circular favoreciendo la reutilización de materiales y el ahorro energético.

## **1.6.- Metodología**

El presente trabajo de investigación primeramente consiste, en la revisión bibliográfica referente al tema de investigación, para el cual se utilizaron fuentes como libros, artículos, tesis de postgrado, páginas de internet relacionados con la producción de bioetanol. Una vez obtenida la información fue fundamento a los acontecimientos más recientes al problema de investigación. Estará basada en conceptos importantes para las nuevas estrategias de bioetanol, como son biocombustibles, bioeconomía, cadena y redes de valor.

El otro nivel consiste en la elaboración de una evaluación tradicional (VAN, TIR, B/C) así como la metodología de opciones reales (árbol binomial con opción de expansión) para la puesta marcha del proyecto.

Brambila (2010) plantea que los métodos tradicionales funcionaron bien durante la segunda mitad del siglo XX, pero el mundo cambió y ahora es necesario adecuarlos. Actualmente se reconoce que no toman en cuenta que a largo de la vida del proyecto, el gerente del mismo tiene la posibilidad de tomar decisiones según se le presenten las circunstancias.

### **1.6.1.- Proyectos de Inversión**

Cuando una empresa, o una persona tiene en su poder dinero líquido puede dedicarlo a consumir con lo que obtendrá una satisfacción inmediata y cierta, puede renunciar a ella invirtiendo dicho dinero a la espera de que, en el futuro, pueda recoger los frutos de una ganancia que, en todo caso, es incierta.

Por tanto, una inversión consiste en la renuncia a una satisfacción inmediata y cierta a cambio de la esperanza de una ganancia futura, de la que el bien o el derecho adquirido es el soporte de dicha esperanza.

De esta forma, puede haber diferentes ideas, inversiones de diverso monto, tecnología y metodologías con diverso enfoque, pero todas ellas destinadas a resolver las necesidades del ser humano en todas sus facetas, como pueden ser: educación, alimentación, salud, ambiente, cultura, etcétera.

Según Suárez (2006), la inversión, básicamente, es un proceso de acumulación de capital con la esperanza de obtener unos beneficios futuros. La condición necesaria para realizar una inversión es la existencia de una demanda insatisfecha, mientras que la condición suficiente es que su rendimiento supere al costo de acometerla.

En virtud de la naturaleza del capital adquirido es posible diferenciar entre inversiones productivas e inversiones financieras.

En una inversión productiva consistirá en la adquisición de bienes con vocación productiva –activos productivos-, esto es, bienes cuya utilidad es la producción de otros bienes. Por otro lado, una inversión financiera supone la adquisición de activos financieros, o dicho de otro modo, la colocación de recursos en el mercado financiero en forma de acciones, obligaciones, cuentas financieras, etcétera.

El proyecto de inversión se puede describir como un plan que se le asigna determinado monto de capital y se le proporciona insumos de varios tipos, podrá producir un bien o un servicio, útil al ser humano o a la sociedad en general.

Los diferentes criterios de valoración de proyectos de inversión se basan en la corriente de flujos, su número y tamaño, por ello el proyecto pasa a ser interesante cuando el valor actual de la suma de dichos flujos de caja es superior al desembolso necesario “la inversión” para poder obtenerlos. Existen varios trabajos dedicados a los proyectos de inversión, uno de ellos es de Graham y Harvey (2001) donde realizaron un estudio del uso de las diferentes técnicas y modelos enunciados en la “teoría financiera de la empresa” por parte de 392 directivos de un amplio espectro de empresas norteamericanas. En el cuadro no. 1, se muestran los resultados de la parte de dicho estudio que atañe al uso de los modelos de valoración de los proyectos de inversión.

**Cuadro No. 1.- Porcentaje de utilización de los principales métodos de evaluación actualmente**

<b>MÉTODOS</b>	<b>UTILIZACIÓN</b>
Tasa interna de rendimiento (TIR)	75.61%
Valor actual neto (VAN)	74.93%
Tasa de rendimiento requerida	56.94%
Plazo de recuperación	56.74%
Análisis de sensibilidad	51.54%
Múltiplo de beneficios	38.92%
Plazo de recuperación descontado	29.45%
Opciones reales	26.59%
Tasa de rendimiento contable	20.29%
Simulación/Valor en riesgo (VAR)	13.66%
Índice de rentabilidad	11.87%
Valor actual ajustado	10.78%

Fuente: Graham y Harvey, 2001, pág. 198-9.

Como se puede apreciar el criterio de la *tasa interna de rendimiento* y el del *valor actual neto* son los más utilizados (si las empresas son grandes ambos son utilizados un 85%, si son empresas pequeñas un 71%); el plazo de recuperación es prácticamente el siguiente de los métodos más utilizados en especial en las pequeñas empresas donde se utiliza un 68%, sin embargo el plazo de recuperación descontado se utiliza casi la mitad de la veces que el anterior.

También es interesante destacar el cada vez mayor uso que se hace de la metodología de las *opciones reales* por parte de los directivos.

Los métodos clásicos de valoración de proyectos, que son idóneos cuando se trata de evaluar decisiones de inversión que no admiten demora (realizar el proyecto ahora o nunca), subvaloran el proyecto si éste posee una flexibilidad operativa (se puede hacer ahora, o más adelante, o no hacerlo) u oportunidades de crecimiento

contingentes. Esto sucede cuando la directiva puede sacar el máximo partido del riesgo de los flujos de caja.

### **1.6.2.- Métodos de Valoración Tradicionales**

Los métodos de valoración tradicionales se encuentran en la actualidad en crisis debido a que no han evolucionado al ritmo que lo ha hecho el mercado. Muchas empresas se encuentran en un mundo incierto y cambiante, donde la mayoría de los instrumentos con que se dispone, a la hora de evaluar decisiones, no recogen totalmente esa incertidumbre, es decir, el análisis tradicional tiene un grado de certidumbre irreal.

En la práctica actual existen dos rasgos que destacan como dificultades significativas. El primer problema es que algunos instrumentos requieren una previsión de flujos de caja futuros.

Los directivos frecuentemente consideran los pronósticos como una realidad, creando la ilusión de certeza en relación a los números. Para compensarlo, algunas compañías tratan de ampliar el análisis a una serie de escenarios. Estos esfuerzos parecen rigurosos para sus autores pero arbitrarios para otros. Tanto en el caso de un solo escenario como en el de varios, la elaboración de flujos de caja se convierte en un subjetivo.

El segundo problema de los instrumentos más utilizados es que las decisiones futuras de inversión están determinadas desde un principio. Los directivos actualizan y revisan los planes de inversión, pero el análisis, tal como está estructurado por la mayoría de los instrumentos sólo incluye el plan inicial. El mundo cambia, pero los modelos no. A medida que la brecha entre los instrumentos y la realidad se van haciendo más grande, los instrumentos se van descartando y las decisiones más importantes se toman en función de consideraciones estratégicas y carisma directivo (Amram y Kulatilaka, 1999).

Otra importante consideración es que no existe ningún tipo de descuento capaz de actualizar todos estos arriesgados flujos de caja hasta el presente, y el problema no tiene solución dentro del marco del análisis tradicional del flujo de caja descontado.

Los instrumentos de valoración tradicional han perdido funcionalidad debido a que no tienen en cuenta que el proceso de toma de decisiones de los directivos puede modificar los resultados.

Sin embargo, la propuesta no es la de descartar los métodos de valoración clásicos, sino la de integrarlos con nuevas técnicas para obtener resultados más certeros sin dejar de utilizarlos.

La tasa interna de rendimiento (TIR), el valor agregado neto (VAN) y el análisis costo beneficio son los indicadores clásicos de valoración de proyectos idóneos cuando se trata de evaluar decisiones de inversión que no admiten demora (se realiza ahora o nunca).

#### **1.6.2.1.- Valor Actual Neto (VAN)**

El valor presente es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en los proyectos de inversión. Es un procedimiento en que permite calcular el valor presente de un determinado de flujos de caja futuros, originados en la inversión. A este valor se le debe restar la inversión inicial, de tal modo que el valor una vez obtenido es el valor actual neto del proyecto.

Sapag (2003) plantea que un proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

La fórmula que se calcula el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -A + \sum_{i=1}^t \frac{FCi}{(1+r)^i}$$

donde:

$FC_i$  = Representa los flujos de efectivo neto para el periodo.

$A$  = Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$t$  = Es el número de periodos considerado.

$r$  = Es el tipo de interés o tasa de descuento.

El valor actual neto (VAN) consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivos futuros que genera un proyecto y comparar la equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces es recomendable que algún proyecto sea aceptado.

Este criterio considera viable un proyecto de inversión cuando el VAN es positivo, es decir, cuando la totalidad de los flujos de caja esperados descontados a una tasa apropiada al riesgo del proyecto supera al costo realizado. Por el contrario, si el VAN fuese negativo, se rechaza el proyecto, como se muestra en el cuadro no. 2:



**Cuadro No. 2.- EL VAN y la toma de decisiones**

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida ( r )	El proyecto se acepta
$VAN < 0$	La inversión producirá ganancias por debajo de la rentabilidad exigida ( r )	El proyecto se rechaza
$VAN = 0$	La inversión no producirá ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida ( r ), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de una mejor posición en el mercado u otros factores.

Fuente: Mascareñas (2007)

Por otro lado, el VAN no considera las flexibilidades inherentes de un proyecto, tales como: la opción de posponer inversiones, aumentar la producción en caso que los precios aumente, reducirla en caso que bajen, o bien, abandonar el proyecto si las condiciones son muy desfavorables.

El VAN es un método desarrollado inicialmente para la valoración de bonos sin riesgo, y cuya utilización se extendió también a la valoración de proyectos de inversión reales (se hace una analogía entre los cupones de un bono y los flujos de caja de un proyecto). Sin embargo, la analogía apropiada dependerá del tipo de proyecto analizando, así en el caso de los recursos naturales, y en otros tipos de proyectos reales las opciones financieras resultan ser una mejor analogía que los bonos.

### 1.6.2.2- La Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La tasa interna de rendimiento (TIR) es una tasa de descuento con la cual el VAN es igual a cero. La TIR también es una medida de la rentabilidad relativa de una inversión.

La fórmula con la que se calcula la tasa interna de rendimiento (TIR) es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

donde:

$F_t$  = Es el flujo de efectivo neto en el periodo t

n= Es el número de periodos

I = Es la inversión inicial

La TIR es la tasa de interés compuesto al que se iguala el flujo con la inversión. Dentro de la evaluación de los proyectos de inversión cuando se hace con base en la Tasa Interna de Rendimiento, se toman como referencia la tasa de descuento. Si la Tasa Interna de Retorno es mayor que la tasa de descuento, el proyecto se debe aceptar pues estima un rendimiento mayor al mínimo requerido, siempre y cuando se reinviertan los flujos efectivos. Por el contrario, si la Tasa Interna de Retorno es menor que la tasa de descuento, el proyecto se debe rechazar pues indica un rendimiento menor al mínimo requerido.

### 1.6.2.3- Análisis Costo-Beneficio

El costo-beneficio tiene como objetivo proporcionar una medida de rentabilidad de un proyecto, mediante la comparación de los costos previstos a valor presente C, con los beneficios esperados a valor presente B, en la realización del mismo.

Si el beneficio B, dividido entre el costo C, resulta mayor que uno  $B/C > 1$ , entonces se acepta el proyecto, de lo contrario se rechaza.

### **1.6.3.- Evaluación por medio de opciones reales**

En este apartado se da a conocer el tipo de evaluación y enfoque que tendrá este estudio, tales como la Teoría de Opciones Reales.

Puede encontrarse semejanza entre las funciones que representan los análisis financieros en los proyectos de investigación y desarrollo, ya que en este contexto la inversión estará emitida sobre el valor del proyecto a desarrollar.

Las opciones reales son una metodología utilizada en el análisis financiero pero adaptado a proyectos reales, y que evalúan con mayor precisión en un ambiente de cambios e incertidumbre.

Las opciones reales son un avance a los nuevos enfoques para evaluar un proyecto adecuado para un nuevo agro negocio, donde el producto participa como proveedor de una red de valor y se debe adecuar de inmediato a los cambios que se tienen para satisfacer las necesidades cambiantes del consumidor.

Incluir en la evaluación el valor de la flexibilidad, permite evitar el rechazo de buenos proyectos de un agro negocio nuevo que sí agregan valor. No como sucede en la actualidad, que al aplicar la evaluación o metodología tradicional se rechazan buenos proyectos por la deficiencia en el instrumento que los subvalúa (Brambila, 2006).

Una ventaja del método de opciones reales es que además de evaluar el activo real, también determina la política óptima que maximiza el valor de este proyecto. Esta estrategia está determinada por los valores críticos estos umbrales señalan cuando es óptimo ejercer las distintas opciones de las que se dispone, ejemplo, seguir, reducir, cerrar, diferir el proyecto.

- Diferir o posponer la inversión. Se conoce como una opción de aprendizaje ya que aunque el VAN sea aceptable puede posponerse su aplicación.
- Ampliar. Si el proyecto está en marcha este puede tener una decisión de expansión o bien mejorar su competitividad.

- Reducir. Si se considera que el mercado es muy saturado se decide reducir, o bien vender acciones para obtener una mejor liquidez.
- Abandonar. Si no se obtienen los resultados esperados, se decide cerrar, abandonar o vender el proyecto. A esto se le conoce también como una opción de salida.
- Seguir. Esto si el proyecto se ejecuta de acuerdo a lo planeado.
- Cambiar. Si hay otras opciones de mercado, se puede decidir cambiar el producto.

Según Brambila (2011b), los nuevos instrumentos para valorar las inversiones en escenarios con incertidumbre o riesgosos es calcular el valor crítico que debe tener un proyecto en relación a la inversión más costos tomando en cuenta la volatilidad,  $\sigma^2$  (varianza) y la tendencia (media),  $X$ , de los precios reales o flujo de efectivo real.

Esto es, si el valor crítico resulta por ejemplo en 1.4, esta será la medida mínima de beneficio para decidir si el proyecto se acepta o no; difiere del parámetro 1 con respecto de la relación B/C debido a que éste considera la volatilidad de los precios reales.

### **1.6.3.1.- Árboles Binomiales**

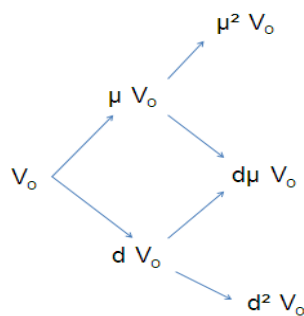
En la actualidad se considera que un proyecto debe aceptarse o rechazarse si el VAN Totales positivo o negativo; un VAN Total está compuesto de la suma del VAN tradicional más el valor actual neto de las opciones reales, de la flexibilidad operativa. Este puede ser el caso de los negocios que empiezan en la Bioeconomía (Brambila, 2011b).

El modelo de árbol binomial considera mucho los tiempos en llevar a cabo un proyecto, pues estos tiempos tiene una fecha de inicio y otra de expiración los cuales son identificados perfectamente por nodos, cada uno de estos nodo del activo puede ir hacia arriba (*up*), o hacia abajo "*d*" (*down*), llevado por una probabilidad asociada "*p*" y "*(1-p)*".

Consecuente a esto serán conocidas las probabilidades que se presenten a través de los periodos marcados determinado el valor del proyecto, y conociendo si el proyecto se lleva a cabo en una opción europea o americana.

En las opciones reales europeas son las que pueden ser ejercidas solamente en una determinada fecha de expiración. Las opciones reales americanas serán ejercidas en cualquier momento hasta la fecha de expiración del proyecto.

**Diagrama 1.- Muestra de ejecución en un modelo binomial**



Fuente: Brach (2003)

Para llevar a cabo este método es necesario obtener las tasas de movimiento continuas de precios, con el uso de logaritmos naturales, pues a diferencia de las tasas discretas, las continuas pueden sumarse ya que parten de una misma base.

Para realizar el cálculo se utilizará la siguiente fórmula 1:

$$\hat{r} = \ln(\bar{1} + r)$$

donde:

$\hat{r}$  = es la tasa de crecimiento continua anual por periodo

$\bar{1}$  = es la tasa discreta anual

Después de haber obtenido la tasa de crecimiento continua, debe ser calculada la media muestral, para poder obtener la varianza; sin embargo una forma de calcular la varianza, es obteniendo la tasa de movimiento instantánea, mostrada en la fórmula 2:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i) \dots\dots\dots (2)$$

La fórmula 3 muestra cómo obtener la varianza a partir de las tasas de crecimiento continua y de movimiento instantánea.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2 \dots\dots\dots (3)$$

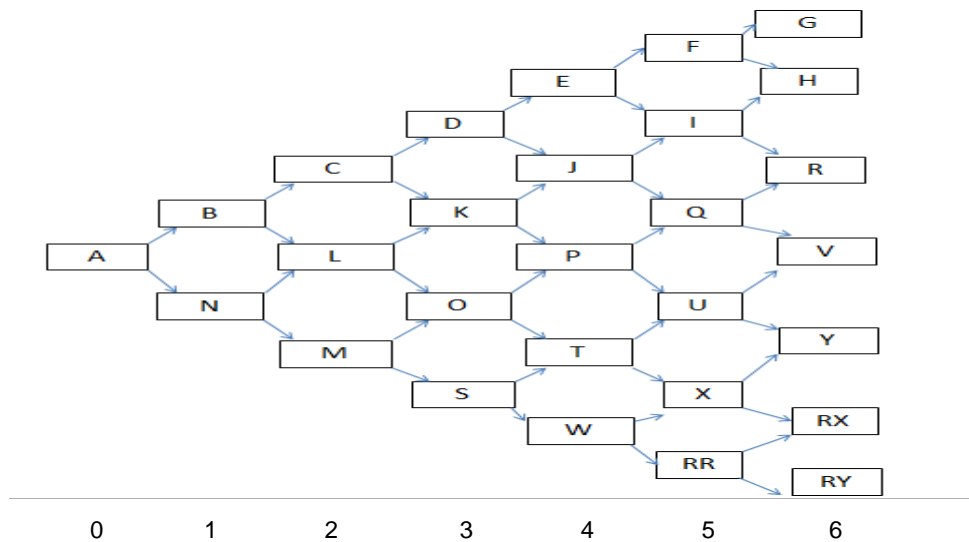
El cálculo de la desviación estándar es una raíz cuadrada de la varianza mostrado en la fórmula 4, y éste representa la volatilidad de los precios.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \dots\dots\dots (4)$$

Con los datos que se obtengan de los anteriores, se tendrá el *up* ( $\mu$ ), que es cuando va bien y del mismo modo el *down* ( $d$ ), cuando va mal, llevado por una probabilidad asociada “*p*” y “(1-*p*)”.

Estos datos se utilizarán para saber el valor de cada nodo en la construcción de un árbol binomial, partiendo de un valor presente; éste será sucesivo hasta alcanzar los datos que se desean obtener o el tiempo hasta que se desee analizar; a continuación se ejemplifica en el diagrama 2, un árbol binomial de volatilidad.

**Diagrama 2.- Ejemplo de un árbol binomial de volatilidad de precios**



Fuente: Brach (2003)

Para el cálculo de cada nodo se debe partir de un valor presente, en este caso ejemplifiquemos con el nodo  $V_0$ , partiendo de la fórmula 5:

$$V_0 = \frac{pV_0(\mu) + (1-p)V_0(d)}{1+r} \dots\dots\dots (5)$$

donde:

$V_0$  = valor presente del nodo

$p$  = probabilidad de subir

$(1-p)$  = probabilidad de bajar

$\mu$  = up

$d$  = down

$r$  = tasa libre de riesgo, como cetes.

El valor presente del flujo de efectivo del año cero no debe ser comparado con el valor presente del flujo de efectivo en cada año, esto sólo se puede hacer con los valores del mismo año a calcular, sin embargo si se quiere comparar, se debe pasar a valores de un solo año. Es por eso que se debe realizar una división mandando los valores al año cero por  $(1+r)$  elevado a la  $t$  que es el año, o bien multiplicar cuando se quiere mandar los valores a años adelante. La fórmula 6 muestra cómo debe realizarse el cálculo de las probabilidades de cada nodo.

$$B = \frac{T!}{(T-n)!n!} P^n (1-P)^{T-n} \dots\dots\dots (6)$$

donde:

$n$  = nodos en que se ésta en un año determinado del proyecto

$T$  = Años transcurridos

$P$  = probabilidad de que me vaya bien

$1-p$  = probabilidad de que me vaya mal

Los árboles binomiales son aplicaciones con diferentes opciones para ser llevados a cabo, éstos son la opción americana y europea, a continuación se da una breve explicación de cada uno.

### 1.6.3.2.- Árbol binomial con opción americana

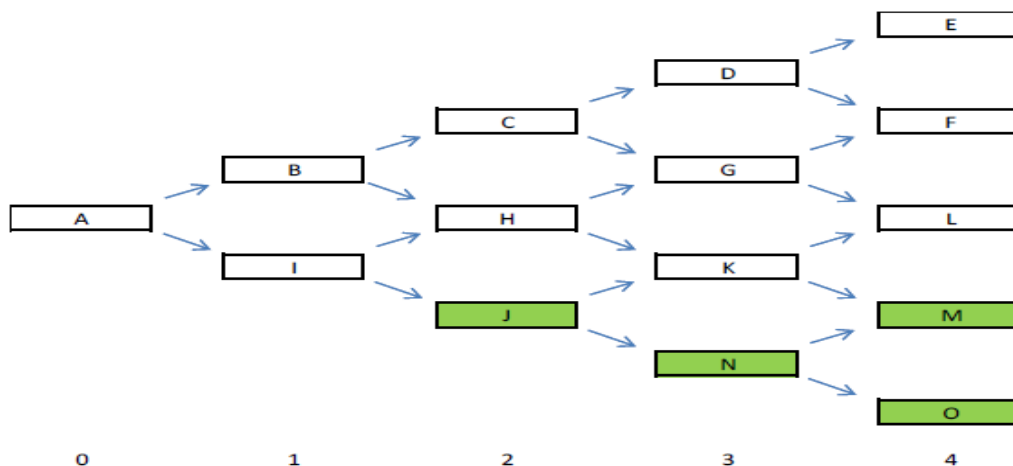
El procedimiento es el de trabajar hacia atrás en el árbol, desde el final hasta el principio, estudiando cada nodo si es óptimo el ejercicio antes del vencimiento. Los precios de las acciones y sus probabilidades no cambian. Los valores para la opción en los nodos finales tampoco cambian.

Cuando se manifiesta una opción de cobertura americana, ésta puede emplazarse en cualquier momento del proyecto.

Los valores actuales, se pueden llevar al valor presente, para esto se modifica el valor de los nodos que estén por debajo de la opción americana tomando el valor de cobertura en cada nodo, en lugar del *up* y *down*.

En el diagrama 3 se muestra una ejemplificación en un árbol binomial para entender mejor como llevar a cabo la opción americana.

**Diagrama 3.- Árbol binomial con opción americana**



Fuente: Brach (2003)



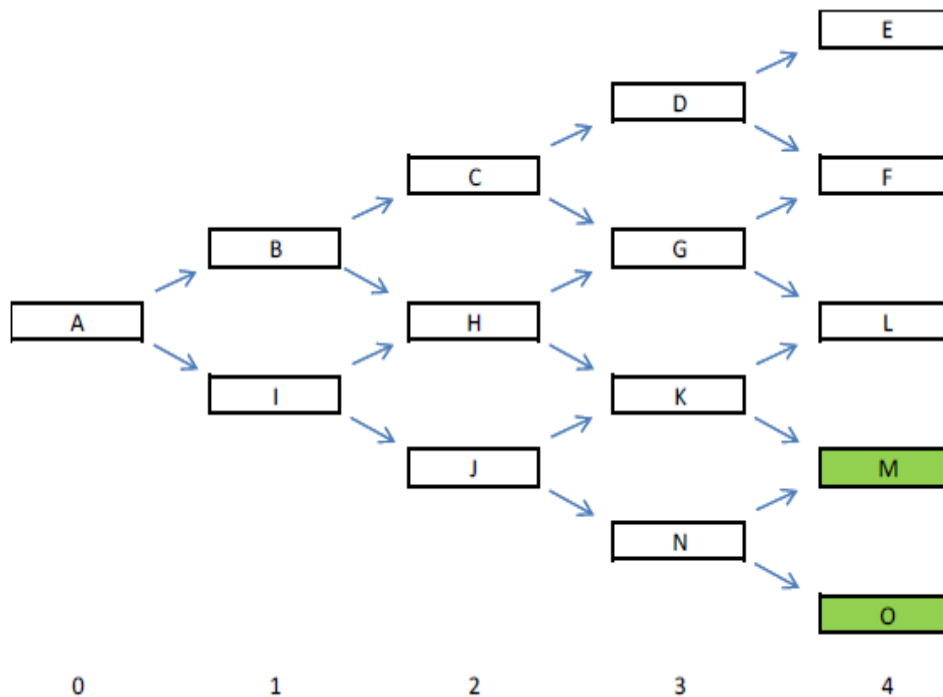
En la opción americana cubre los nodos J, N, M y O la manera de llevar al valor presente estos nodos se toma por ejemplo el K que con el *up* el nodo L no sufre cambio, pero el valor del nodo M no será el que se obtuvo al multiplicar el valor inicial por el *down*, sino que cambiará por el valor de la cobertura, por tanto, el nodo K obtendrá un nuevo valor.

Para el nodo N se toman los valores de los nodos M y O, como el valor de la cobertura, si este es mayor obtenido y se multiplican por la probabilidad aplicando la fórmula 5 llevándolo así sucesivamente hasta llegar al nodo A.

### 1.6.3.3- Árbol binomial con opción europea

Al igual que la opción americana se trabaja desde el final hasta el principio pero a diferencia de esta opción, la europea sólo puede ser ejercida en la fecha de vencimiento. En el diagrama 4 ilustra el árbol binomial con esta opción.

**Diagrama 4.- Árbol binomial con opción europea**



Fuente: Brach (2003)

Usando la opción europea en el último año del proyecto, entonces deben ser localizados los nodos que están por debajo de lo esperado y ser modificados por el valor de la cobertura llevándolo a su vez al valor presente para conocer el valor del proyecto hoy, pero con la posibilidad de ejercer la opción en el último año.

Una vez elaborado esta opción puede mostrar al inversionista una garantía donde se presentan alternativas con pérdidas y abierta a sus ganancias. En las finanzas, una opción de estas características se conoce como “*put*” que es el derecho, pero no la obligación de vender a una fecha fija a un monto determinado.

## **CAPÍTULO 2. DE ALCOHOL A BIOCOMBUSTIBLES**

### **2.1.- DESARROLLO DE LOS ALCOHOLES Y BIOCOMBUSTIBLES**

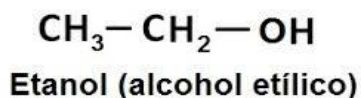
#### **2.1.1.- Criterio para la selección de alcoholes y biocombustibles**

Es importante tener el conocimiento de distinguir un alcohol y un biocombustible, en este punto se dará a conocer el criterio de cada uno de ellos.

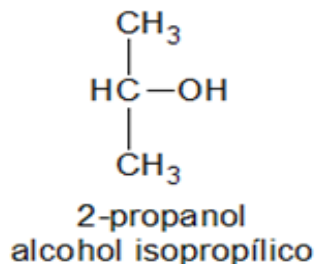
Los alcoholes son un grupo de compuestos químicos que resultan de la sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno (H) por grupos hidroxilo (-OH) en los hidrocarburos saturados o no saturados. Los alcoholes se caracterizan por la gran variedad de reacciones en las que intervienen; una de las más importantes es la reacción con los ácidos, en la que se forman sustancias llamadas ésteres semejantes a las sales inorgánicas. Son subproductos normales de la digestión y de los procesos químicos en el interior de las células, y se encuentran en los tejidos y fluidos de animales y plantas.

Los alcoholes se clasifican en primarios, secundarios y terciarios, dependiendo de que tengan uno, dos o tres átomos enlazados con el átomo de carbono al que se encuentra unido el grupo hidróxido:

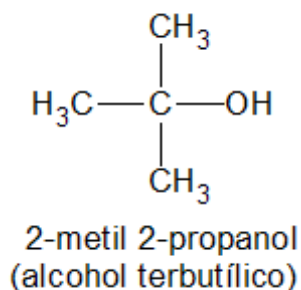
- **Primarios:** Un alcohol es primario, si el átomo de hidrógeno (H) sustituido por el grupo oxidrilo (-OH) pertenece a un carbón ( C ) primario, es decir, un carbono unido a dos átomos de hidrógeno.



- **Secundarios:** El átomo de hidrógeno (H) sustituido por el grupo oxidrilo (-OH) pertenece a un carbón ( C ) secundario, es decir, un carbono unido a 1 átomo de hidrógeno:



- Terciarios: El átomo de hidrógeno (H) sustituido por el grupo oxidrilo (-OH) pertenece a un carbón (C) terciario, es decir, un carbono solo:



La función de alcohol puede repetirse en la misma molécula, resultando otros como alcoholes monovalentes, alcoholes bivalentes o alcoholes trivalentes, etc., que contienen diferente reacción, de este modo se puede saber el punto clave de que están compuestos los biocombustibles.

Uno de los factores más importantes para el éxito de cualquier programa de incorporación de los biocombustibles lo constituye la elección de la biomasa portador. Es necesario conocer los gustos y las necesidades de la población a la que van destinados estos productos.

Se espera mejorar el estado de las refinerías, industria farmacéutica, industria química de la población en su conjunto, por lo que las características de los biocombustibles deberán ser del agrado y aceptación del consumidor. Esto hace que no cualquier biomasa pueda ser fortificada, aunque técnicamente sea posible. Además no todos los insumos pueden ser adicionados, por la estabilidad de la matriz de bioenergética, así como sus efectos sobre la naturaleza y calidad de mismo. La última palabra la tienen la

viabilidad del proceso y en la aceptación por el consumidor. Los biocombustibles deberán garantizar las siguientes consideraciones:

- Control de la calidad y limpieza
- Estabilidad y disponibilidad de las biomásas en condiciones de uso y almacenamiento.
- Ser económicamente viable a través de un proceso industrial.
- El biocombustible seleccionado debe ser producido regularmente y en cantidades predecibles sobre la población.
- Al ser adquirido debe cubrir con los requerimientos esperados por el consumidor.

### **2.1.2.- Proceso de producción de los biocombustibles**

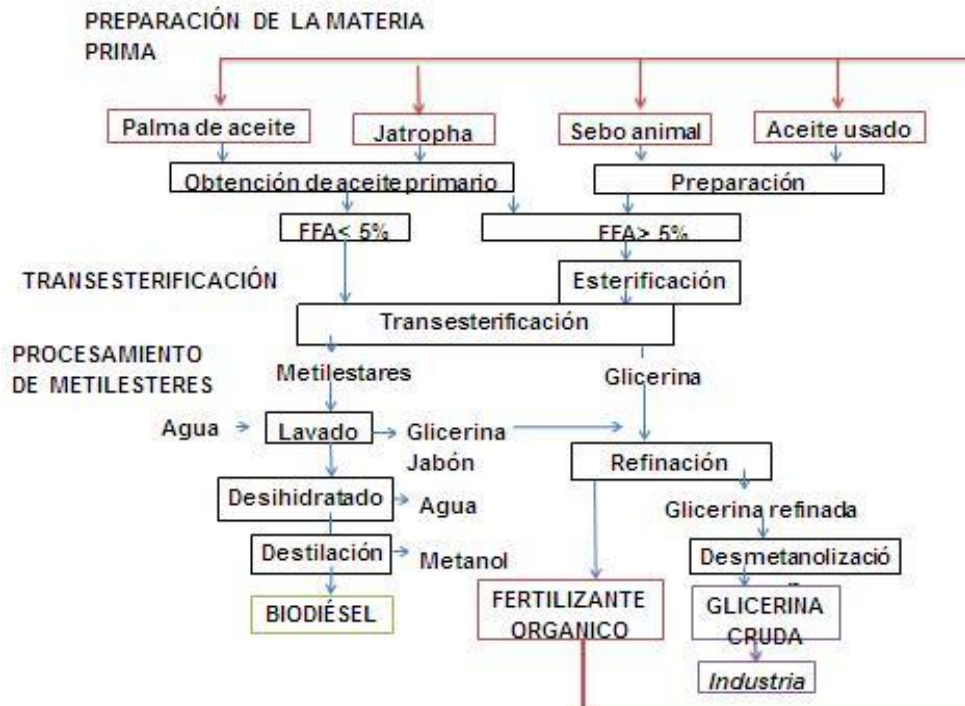
Para llevar a cabo el adecuado desarrollo de los biocombustibles, cumpliendo las características requeridas, deben tener un proceso de producción o transformación; algunos de estos son:

#### **Biodiesel**

El biodiesel es un biocombustible que se obtiene a partir de aceites y grasas vegetales y animales, los vegetales principalmente se usan como materia prima como el girasol, la colza, soja, jatropha, palma africana, y en la actualidad se está potenciando el uso de la Palma aceitera debido a su alto contenido energético.

El proceso de producción de biodiesel es el siguiente:

## Diagrama 5.- Proceso de producción de biodiesel en una economía circular



Fuente: Suárez y Morín, 2005

Sus principales fases del proceso son:

- Preparación de la Materia Prima:** Este es el primer paso en el proceso de producción. Para el caso de la jatropha y la palma africana, consiste en la obtención del aceite primario. Este paso se puede llevar en dos formas: mediante el prensado mecánico de los frutos o empleando solventes. La extracción de aceite es más eficiente usando solventes, requiere de equipos más caros, mientras que el prensado mecánico, aunque extraer menos aceite primario, es más barato y se puede hacer de manera manual usando instrumentos de bajo costo.

Para el caso del sebo del animal, la grasa se extrae mediante el molido y cocción de la materia prima en agua. En el caso del aceite usado, la preparación consiste en filtrarlo para eliminar las impurezas y restos de alimento, y quitar el agua que pueda contener, mediante calentamiento.

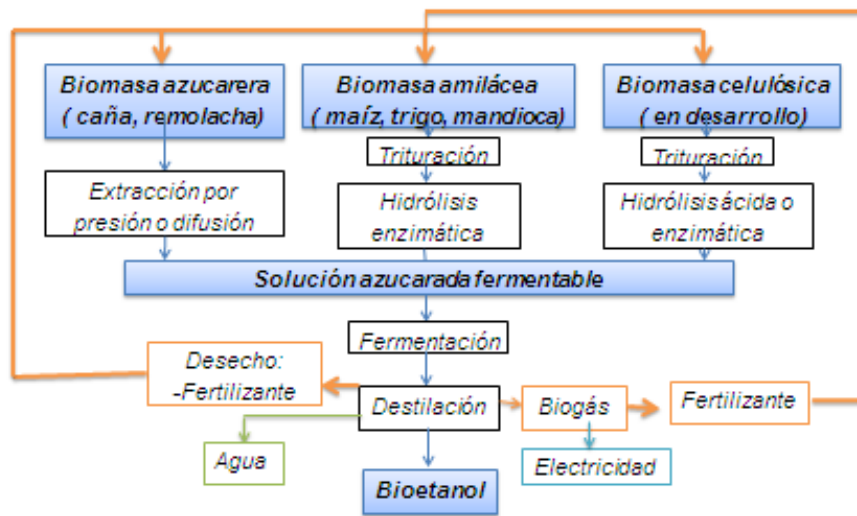
- **Esterificación:** Este proceso se aplica solamente a las grasas primarias que contienen un alto nivel de ácidos grasos libres. Estos ácidos son de importancia determinante en la producción de biodiesel porque si su nivel es alto, el biodiesel resultante se hará sólido a bajas temperaturas.
- **Transesterificación:** Es el proceso en el que el aceite se separa en glicerina por una parte y el biodiesel por la otra, gracias a un catalizador base como el hidróxido de sodio y un alcohol.
- **Lavado:** El lavado se hace mediante agua y consiste en retirar el biodiesel de cualquier sustancia que sea soluble al agua.
- **Deshidratado:** En este paso se quita el agua que pudo quedarse en el proceso de lavado. Esto se realiza calentando el biodiesel para que se evapore el agua. La economía circular define como la producción de fertilizante y deshidratado que genera agua pueden circular para ser usada en la producción de la materia prima y el agua además en el lavado.

## **Bioetanol**

Existen tres procesos significativos la azucarera, almidona y celulosa que son útiles para la extracción de bioetanol, ya que genera la pauta principal para cubrir el objetivo de la presente investigación y visualizar sí el producto subyacente que se toma en cuenta a lo largo de toda la investigación es el mejor o más viable en su extracción y menos costoso para su producción.

El proceso de producción de bioetanol es el siguiente:

Diagrama 6.- Proceso de producción de bioetanol en una economía circular



Fuente: Sánchez y Cardona, 2008

Las principales fases del proceso son:

- **Dilución:** Es la adición del agua para ajustar la cantidad de azúcar en la mezcla, y por lo tanto, la cantidad de alcohol en el producto resultante, ya que la acción de la levadura usada más adelante en el proceso de fermentación.
- **Hidrólisis:** Es el proceso de convertir el almidón o celulosa, que son polímeros de monosacáridos en monosacáridos, es decir, azúcares fermentables. Se realiza con el uso de la malta, o por el tratamiento del almidón o de la celulosa con el ácido correspondiente.
- **Fermentación:** La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras. De la fermentación alcohólica se obtiene un gran número de productos, entre ellos el alcohol.
- **Destilación:** La destilación es la operación de separar mediante el calor los distintos componentes líquidos de una mezcla aprovechando sus distintas



temperaturas de ebullición (Biocarburantesmaganize, 2008). La economía circular consiste en electricidad, fertilizante, agua.

## **2.2.- Futuro de los Biocombustibles**

Las principales tendencias para el desarrollo futuro de los biocombustibles están relacionadas con los siguientes hechos:

- Los cambios en las expectativas de contaminación y conciencia.
- El crecimiento del conocimiento sobre la relación biomasa-procesos
- Los avances en la ciencia y la tecnología de los biocombustibles.
- Los cambios en las políticas reglamentarias.
- Leyes para abrir el mercado de biocombustibles.
- El nivel del precio del petróleo y del biocombustible.

Los principales desafíos tecnológicos a los que se enfrenta el desarrollo de nuevos biocombustibles son la mejora estabilidad de los componentes con actividad productiva, la problemática de cuantificación y análisis, las dos máximas, la realización de más estudios de los biocombustibles que avalen de manera rigurosa los efectos beneficiosos que se atribuyen a los distintos componentes, así como así como cumplir con las nuevas expectativas de los consumidores y los aspectos del mercado y legislativos que se vayan generando.

Las mejores expectativas del futuro las tiene la expresión de hidrocarburos con alto nivel potencial de algunos almidones, azucarados y celulosas. Como consecuencia se produce bioetanol y biodiesel. Claramente la ingeniería genética es una tecnología en expansión que cambiará a la oferta refinerá, farmacéutica, cosmética en los próximos años.

El maíz y la caña de azúcar son las biomásas cuya mayor producción mundial está destinada la producción de biocombustibles, entonces se puede producir nuevos subproductos a partir de éstas, con mayor tiempo de vida útil, abre nuevas puertas al crecimiento agroindustrial y a la satisfacción de las exigencias del mercado actual.

### **2.2.1.- Los biocombustibles en México**

Las nuevas fuentes renovables de energía en México, que combinen con el consumo de combustibles tradicionales, requiere de políticas públicas que impulse entre otros, uno de ellos son los apoyos y programas por parte de SAGARPA que incentiva la producción agrícola para el futuro de los biocombustibles, de tal manera que se asegure un aprovechamiento sustentable de la biodiversidad existente, a la vez que fomente las condiciones farmacéuticas refinerías y químicas.

Para lograr este objetivo, el sector agrícola del país tiene por delante importantes retos en la producción de insumos vegetales para el futuro de los biocombustibles, respetando la parte alcohol con base en criterios de sustentabilidad (SAGARPA, 2006). Otros retos son los establecimientos de semillas o cultivos para la producción de biocombustibles, los sistemas térmicos como fotovoltaicos autónomos o interconectados, motogeneradores; sistemas de biodigestión, obras accesorias para interconexión y sistemas de bombeo de alta eficiencia para el riego agrícola todos estos elementos sirven para el aprovechamiento de la biomasa para el futuro de los biocombustibles de primera generación, tal vez en unos cuantos años se produzcan en otras como algas, madera (SAGARPA, 2009).

En México representan una forma de impulsar el desarrollo de sectores como la agrícola y ganadera, ofreciéndoles oportunidades de negocio tanto para las empresas como a los pequeños agricultores.

### **2.2.2.- Interés por biocombustibles**

Existe gran potencial en el mercado, viendo el interés creciente entre la población por los biocombustibles para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, considerándolo como un bien competitivo a través de la gasolina, por lo que hay mayor preferencia por aquellos combustibles que se anuncia como beneficiosos; el sector industrial y transporte se ha acoplado a esta ideología y desarrollar día a día productos para la satisfacción de los consumidores.

### **2.2.3.- Oportunidad de Negocio**

La venta de alcohol se puede vender en litros o volumen para cubrir los costos, ingresos y el beneficio que se debe llevar a cabo un negocio y lograr un impacto positivo al cliente e implica diferentes aspectos legales para su venta, esto ocurrirá cuando:

- Se identifique un mercado por ley, o por competencia.
- Se tenga un permiso o licencia para su venta en el mercado.
- Cuando se identifique su mejor uso dentro del mercado.
- Tener el rol de seguridad, teniendo en cuenta el bienestar de los clientes y procurando la disminución de los riesgos.

Los biocombustibles se pueden vender en suficiente volumen para cubrir todos los costos y generar el beneficio deseado, esto ocurrirá cuando:

- Se abra el mercado por ley, o por competencia.
- Se descubra o desarrolle otros usos.
- Se identifique una mejor manera de servir al mercado.

El mercado está continuamente cambiando, considerando el aumento de la producción, variaciones climáticas y avances tecnológicos que son algunas áreas en que ocurren los cambios.

Al identificar las oportunidades de negocios que crean todos estos cambios. Existen tres enfoques que puede adoptarse para ayudarse a identificar estas nuevas oportunidades:

- Apoyarse en su conocimiento personal, capacidades, experiencias y nuevas tendencias.
- Buscar la oportunidad de negocio en los requerimientos del consumidor.
- Considerar productos/mercados existentes desde perspectivas diferentes.

En México se aprobó en Agosto del 2014, la ley de energéticos, que permiten la inversión privada en la producción y distribución de combustibles. En un futuro las empresas privadas pueden interesarse (o quizás por ley) en regular bioetanol-gasolina y competir entre ellos para ofrecer nuevas opciones a los consumidores.

### **2.3.- Bioeconomía**

El concepto de bioeconomía se usa de varias maneras y algunos economistas llevan sus orígenes hasta Alfred Marshall (1842-1924) quien escribió "la meta del economista se halla en la biología económica más bien que en la dinámica" (Martínez, 1985).

Colin (1973) y Becker (1976) usan el término de bioeconomía para identificar el área de la economía que estudia la explotación económica de los recursos renovables y también para explicar en términos económicos ciertos comportamientos sociales.

La OCDE (2010) señala a la bioeconomía como "el conjunto agregado de operaciones de sociedad que utiliza el valor latente en productos y procesos biotecnológicos para capturar nuevo crecimiento económico y beneficios de bienestar para ciudadanos y naciones".

La Bioeconomía es la producción y distribución de los bienes y servicios que se obtienen de la transmutación dirigida de los seres vivos y sus sustancias (plantas, animales, bacterias, virus, enzimas) para satisfacer las necesidades individuales del consumidor según sus características y circunstancias (Brambila, 2011a).

Dentro de la bioeconomía incluyen tres elementos, estos son: los conocimientos biotecnológicos, de biomasa renovable y de integración entre las aplicaciones.

La primera tiene que ver con el conocimiento biotecnológico en las que hay tres principales aplicaciones; estas son, la producción primaria, donde se incluyen todos los recursos naturales, tales como los bosques, los cultivos, los animales de ganado, insectos, peces, etc.

El segundo elemento es el uso de biomasa renovable y eficiente de los bioprocesos, para lograr una producción sostenible. La biomasa se puede obtener de fuentes primarias; y los bioprocesos convierten estos materiales en una gama de nuevos productos, incluyendo el papel, los biocombustibles, plásticos y químicos industriales. Algunos de estos productos pueden ser producidos directamente por las algas

modificadas genéticamente y otros microorganismos, sin la necesidad de materias primas de biomasa.

El tercer elemento es la integración de las aplicaciones basadas en el conocimiento de cadenas y redes de valor.

## **2.4.- Cadenas de Valor**

Años atrás, el canal comercial se iniciaba con los insumos, seguidos de la producción, almacenaje, transformación, distribución y finaliza en el consumidor. Esto comenzó a modificarse a mediados de los 80's.

Desde entonces, se entiende como cadena de valor: "la secuencia de actividades que hacen diferentes pero interrelacionadas empresas para llevar un producto de mayor valor desde el punto de vista del consumidor final.

De acuerdo con Donovan (2006), la cadena de valor representa la articulación de todos los actores involucrados en la producción, transformación y comercialización de un producto, desde la producción primaria, pasando por diferentes niveles de transformación e intermediación, hasta el consumo final, acompañado por los proveedores de servicios (técnicos, empresariales y financieros) de la cadena.

Según Pietrobelli y Rbellotti (2005), la idea de una cadena de valor está centrada en las actividades necesarias para convertir la materia prima en productos terminados y venderlos, y en el valor que se agregan en cada eslabón.

Para Porter (2006), la cadena de valor es una herramienta o medio sistemático que permite analizar las fuentes de la ventaja competitiva.

El principal objetivo de la cadena de valor es ofrecer un producto que el consumidor considere de mayor valor, tomando en cuenta que este se define por las características y circunstancias diferentes. A pesar de las consideraciones hacia el consumidor, la cadena de valor ha sufrido una transición de cadena a red de valor.

## 2.5.- Red de Valor

La red de valor “es un modelo de negocios que utiliza los conceptos de la cadena para obtener la mayor satisfacción del cliente y la iniciativa de la empresa. Es un sistema rápido y flexible, juntado y conducido por los mecanismos de preferencia de los nuevos clientes..., es decir, no se trata de apenas de conocimiento –se trata de la creación de valor para los clientes, para la empresa y para los proveedores” (Bovet y Martha, 2001).

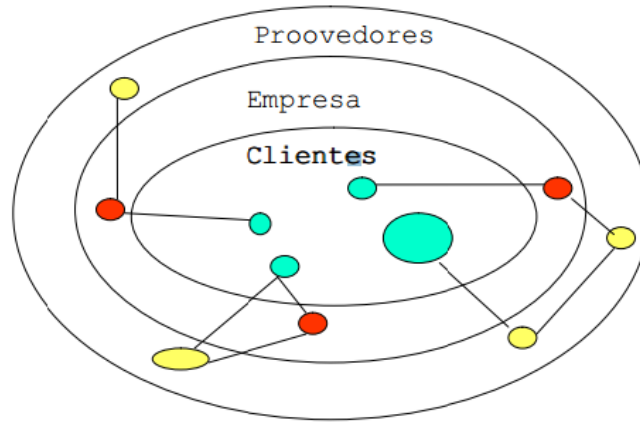
Colangelo (2002) define red de valor como “una estructura de empresas independientes que crean valor a través de la configuración y reconfiguración de los recursos y competencias de sus integrantes”. Este autor aún destaca que la red de valor “obtiene ventajas por medio de la circulación de conocimientos entre sus integrantes, que normalmente es viabilizada por poderosos mecanismos de integración”.

En la actualidad las redes de valor se construyen a partir de la identificación de una necesidad, gusto, preferencia del consumidor final y del cliente que va a elaborar un producto (Brambila, 2011a).

Al realizar las identificaciones se debe producir un bien diferenciado, y éste debe tener menos desperdicios que si se usara un genérico, buscando la individualización a costos masivos.

Por lo tanto, si existe reducción de costos y menos desperdicios, los agentes que participan en la red de valor tienen un mutua relación el cual es ganar-ganar, llevándolo a la ejecución y así el consumidor no pague un extra. En el diagrama 7 se muestra la red de valor en la estructura propuesta por Bovet y Martha (2001).

## Diagrama 7. Red de Valor



Fuente: Bovet y Martha, 2001

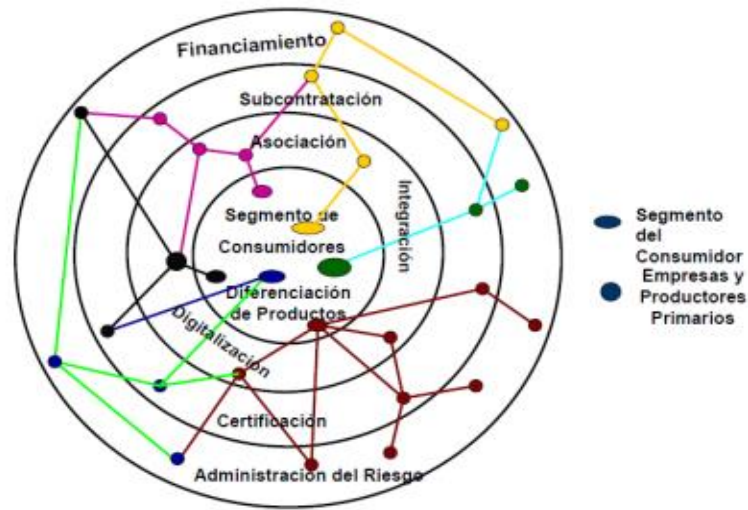
Conociendo todo lo que conlleva a realizar una red de valor, las nuevas tendencias a producir serán para las necesidades individuales a costos de producción masiva, cambiando el canal comercial.

Los canales comerciales se reinventan y cada etapa y actividad se está adecuando para formar redes; si alguna parte se rezaga toda la red se hace ineficiente y pierde competitividad y la preferencia del consumidor.

Lo que se debe resaltar es el cumplir ciertas exigencias del consumidor como la inocuidad, el empaque, etiquetado, calidad, precio, oportunidad, tamaño; es necesario que todos los agentes que participan desde el inicio del proceso de producción –en este caso una granja o campo agrícola- hasta la mesa del consumidor, estén adecuados al objetivo de la exigencia (Brambila, 2011a).

En el diagrama 8 se muestra cada uno de los elementos que deben conformar una red de valor, así como sus enlaces para llegar a la satisfacción al cliente.

Diagrama 8. Elementos de una Red de Valor



Fuente: Bovet y Martha, 2001

Al conocer los conceptos enfocados a la bioeconomía, llevando a las nuevas tendencias, nos permite realizar análisis o estudios dirigidos hacia diversos biocombustibles.



## **CAPÍTULO 3. EL BIOETANOL EN MÉXICO**

### **3.1.- El Bioetanol**

El bioetanol es un líquido incoloro derivado del alcohol, empleando en distintas concentraciones en la preparación de bebidas alcohólicas, farmacéuticos, medicina y en la industria. Se produce por la fermentación de productos naturales en hidratos de carbono, tales como la caña de azúcar, maíz, remolacha y sorgo dulce, principalmente. (Montoya, 2006). También se puede obtener a través de las unicelulosas donde se obtiene este alcohol como es el caso de las algas marinas.

Este biocombustible como es llamado por la FAO y por SENER (2010), el biocombustible líquido de mayor aceptación, la posibilidad de usarse en forma exclusiva o en mezcla con otros combustibles fósiles que se puede elaborar a partir de una amplia gama de cultivos, le otorgan ventajas para su difusión, sin embargo, la producción comercial competitiva del mismo afronta diversas restricciones según regiones y países. El costo y la seguridad para el suministro continuo de la materia, son factores que determinan la posibilidad para su producción bajo condiciones de mercado.

El bioetanol está constituido por una sola sustancia (alcohol etílico) constituye un líquido transparente, con un olor característico y un sabor quemado, muy empleado en la elaboración de cerveza, ron, vino, brandy y otras bebidas. Comúnmente se halla en disoluciones diluidas: el uso común contiene el 95% en volumen de etanol y 5% de agua.

### **3.2.- El Bioetanol como biocombustible**

Un biocombustible es aquel que contiene derivados de la biomasa, es decir, organismos recientemente vivos o desechos metabólicos. Son a menudo mezclados con otros combustibles en pequeñas proporciones, 5% o 10%, proporcionando una reducción útil pero limitada de gases de efecto invernadero. Partiendo de eso; se dice que el hombre utilizó las fermentaciones para su provecho desde la prehistoria.

Algunos jeroglíficos y otras representaciones gráficas demuestran que el hombre fabricaba bebidas alcohólicas ya varios milenios antes de Cristo.

Las culturas mesoamericanas obtenían el mezcal una bebida alcohólica utilizando un proceso muy parecido al bioetanol, la fermentación de piñas de agave o magueyes cocidos para luego hacer la destilación y al final se tenía la bebida.

Recientemente el bioetanol ha incluido dentro del sector transporte considerada como una nueva línea de combustible que pretende dar alternativas para contribuir la contaminación del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero (Meráz y Gómez, 2009).

Entre elementos importantes de bioetanol aporta varias ventajas sobre los derivados del petróleo para ser empleado como combustible:

- Se produce a partir de cultivos agrícolas, que son fuentes renovables de energía.
- Puede obtenerse a partir de cultivos propios de la región, permitiendo la producción local del biocombustible.
- Permite disponer de combustibles independientemente de las políticas de importación y fluctuaciones en el precio del petróleo.
- Produce mucho menos emisiones nocivas para los seres vivos, el agua y el aire.
- La producción podría realizarse a partir de desechos agrícolas, forestales, industriales o municipales.

Un punto importante en donde es observado de nuevos negocios; es el aprovechamiento de las cualidades de bioetanol, las cuales le dan la caracterización de biocombustible, y estas son:

- Es flexible y se puede obtener en distintas fuentes de biomasa.
- Esencialmente, el proceso de producción consiste en atrapar la energía solar y convertirla en un biocombustible líquido.
- La tecnología empleada para su producción es bien conocida y se encuentra comercialmente disponible.

- Es un producto cuya operación, almacenamiento y manejo.
- Es un biocombustible absoluto, nítido que puede utilizarse puro o mezclas con gasolinas.

Estudios recientes de PNUMA (2002) sobre el bioetanol dieron a conocer nuevos aprovechamientos integrales del material vegetativo de desecho, esto para su aplicación en la industria combustible.

La industria mundial del bioetanol, al igual que el mercado, están avanzando en forma considerable, no obstante se trata de una actividad donde el producto no presenta especificaciones homogéneas pues depende en gran medida del uso final al que estará destinado; por consiguiente los procesos de producción varían de un país a otro. Es innumerable, van desde la preparación de bebidas alcohólicas, perfumería, elaboración de medicamentos, acético anhidro, etc., hasta la creciente tendencia ya mencionada como sustituto o componente de las gasolinas. Su principal uso dentro de procesos industriales es el de intermediario para producir otros productos químicos. El bioetanol adquiere importancia en la tendencia actual de producción de combustibles, que son compatibles en el campo de la ecología.

### **3.3.- Usos**

El bioetanol se destina a diferentes usos: combustible, y disolvente en algunos sectores.

En México su utilización es muy amplia en la industria, pero su principal uso y el más conocido actualmente como disolvente para las bebidas alcohólicas. Además se usa también en el sector farmacéutico como excipiente de algunos medicamentos como vacunas, sueros, geles antibacteriales para manos y en los cosméticos para la elaboración de alcohol antiséptico, pinturas, ambientadores y perfumes.

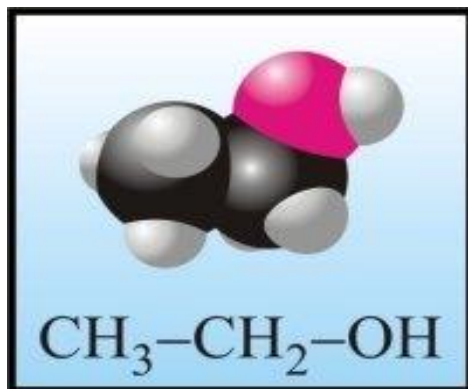
### **3.4.- Componentes**

El bioetanol está compuesto de elementos químicos como carbono, hidrógeno y oxígeno que resulta de la fermentación de azúcares, extraídos de la biomasa. También

puede producirse a partir de la celulosa (desechos agrícolas, forestales o urbanos). Como se mencionó anteriormente es principal producto de las bebidas como el vino alrededor del 13%, la cerveza 5%, los licores 50% o los aguardientes hasta un 70%.

Su fórmula está representada de la siguiente manera:

### Diagrama 9.- Representación de la Formula de Bioetanol (Alcohol Etílico)



Esta fórmula indica que el carbono de un grupo metilo está unido al carbono de un grupo metileno, que está unido al oxígeno de un grupo hidroxilo. El etanol es a menudo abreviado como EtOH, usando la notación química común de representar el grupo etilo con Et.

### 3.5.- Comercialización

En México, la comercialización de bioetanol se realiza principalmente en los mercados locales y regiones de las pocas zonas productoras del país. Las acciones para colocarla en el mercado nacional han sido limitadas. No obstante, la demanda del mercado internacional, ya existen avances para participar en él.

#### 3.5.1.- Situación Actual de Bioetanol en México

En México, desde hace varios años, se produce bioetanol a través de caña de azúcar en las diferentes refinerías del país, sólo que su uso es para bebidas alcohólicas e industriales. Se produce, principalmente, de jugo y melazas de caña de azúcar y con una tecnología tradicional y bastante obsoleta.

Las biorefinerías del país no usan toda su capacidad instalada para producir mayor cantidad, dado que la demanda es limitada. La capacidad utilizada es de 44% respecto a la capacidad instalada; además es relativamente fácil hacer adecuaciones para ampliar esa capacidad (SAGARPA, 2006).

Existen 13 refinerías que aproximadamente, la mitad de ellos del país cuentan con unas más, otras menos modernas, que producen etanol (96° GL) como se muestra en el cuadro No.3.

**Cuadro No. 3.- Producción de bioetanol en refinerías en México y capacidad instalada (Litros por ciclo agrícola)**

<b>Estado</b>	<b>Refinería</b>	<b>Capacidad instalada</b>	<b>Producción (ciclo 2008/09)</b>	<b>Capacidad utilizada (%)</b>
Tamaulipas	Aarón Sáenz	8,550,000	4,948,000	57.9
Puebla	Calipam	2,400,000	990,261	41.3
Veracruz	Constancia	9,000,000	4,997,400	55.5
Veracruz	El Carmen	5,400,000	2,923,000	54.1
Tamaulipas	El Mante	7,200,000	5,082,300	70.6
Veracruz	Independencia	4,500,000	1,250,908	27.8
Campeche	La Joya	4,200,000	1,307,000	31.1
Veracruz	La Providencia	7,500,000	1,818,471	24.2
Chiapas	Pujilic	6,000,000	3,373,004	56.2
Veracruz	San José de Abajo	7,500,000	1,118,000	14.9
Veracruz	San Nicolás	12,000,000	2,547,683	21.2
Veracruz	San Pedro	7,500,000	3,206,000	42.8
Jalisco	Tamazula	7,500,000	5,643,750	75.3
	<b>Total</b>	<b>89,250,000</b>	<b>39,205,777</b>	<b>43.9</b>

Fuente: SENER, GTZ y BID.

Existen otras refinerías adicionales en el cuadro anterior que pueden producir bioetanol. Sumando todas la refinerías, la capacidad instalada aumenta de 89.2 a 167.4 millones de litros por ciclo agrícola (SENER, 2007).

Ahora bien, hay que decir que no todo el bioetanol que se produce en México en anhidro. Se estima que la capacidad instalada para bioetanol combustible sería de 33

millones de litros por año, producidos fundamentalmente en las refinerías La Gloria y San Nicolás, ambos ubicados en el estado de Veracruz.

Otro detalle muy importante a resaltar es que, según registros estadísticos, la producción de bioetanol ha venido disminuyendo. En 1998 se llegó a producir 70 millones de litros, y ya para el 2004 solo se producían aproximadamente 35 millones de litros. Se espera que con la nueva ley energética aumente la inversión privada en biocombustible, principalmente con las empresas privadas que se interesen en distribuir gasolina con bioetanol. Posiblemente en un futuro sea por ley regular gasolina-bioetanol y el biodiesel.

Actualmente en México los costos de bioetanol no son muy variables, sin embargo el repentino aumento en años pasados han sido ocasionados por muchos factores como las condiciones de producción, la cantidad producida, demanda de clientes, etcétera.

En los sistemas de información de SIAP, se indica que de una hectárea de caña de azúcar se pueden obtener 5,237 litros de bioetanol, rendimiento más significativo en comparación a los otros cultivos. El precio de venta de bioetanol para caña es de 6.92 pesos por litro, lo que permite obtener mayores utilidades. En el cuadro No.4, se muestra la comparación de la producción de cada insumo.

**Cuadro No.4.- Comparativo de la producción de bioetanol en México, 2010**

<b>Comparativo de la producción y precios de bioetanol en México</b>				
<b>Proceso/Producto</b>	<b>Maíz</b>	<b>Caña de Azúcar</b>	<b>Sorgo Dulce</b>	<b>Yuca</b>
Insumo por litro de bioetanol (Kg)	3	17	20	10
Producción de insumo (ton/ha/año)	5	70	60	30
Años a la cosecha	1	1	1	5
Producción de bioetanol (litros/ha/año)	3,785	5,237	3,000	3,000
Requerimiento de agua	Alto	muy alto	Alto	Bajo
Precio de venta (\$/litro de bioetanol)	5.7	6.92	5.81	5.43

Fuente: SAGARPA, 2010

Al hacer la comparación entre los cultivos analizados en el cuadro anterior se encontró que la caña de azúcar puede tener mayores utilidades (16,968 pesos por hectárea).

Sin embargo, requiere una mayor inversión y tiempo de espera, mientras que el maíz, aunque no obtenga las mismas ganancias que la caña, puede tener ingresos anuales de 16,805 pesos multiplicados por los seis años que la caña de azúcar da para obtener producción a 83,830 pesos. La desventaja adicional que presenta el maíz es un cultivo que compite con la seguridad alimentaria y generar hoy sobreproducción.

De acuerdo con la Secretaría de Energía (SENER) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México cuenta con un área agrícola importante potencialmente apta para la producción de bioetanol en los estados de Veracruz, Chiapas, Campeche, Morelos, entre otros.

En relación a petróleo se estima que cada mes y año el precio suba principalmente en la gasolina magna para este año 2014 se pronostica que el precio de la gasolina magna al final del año llegue a \$13.31 pesos mientras el Premium llegue de \$14.01 pesos y el diesel de \$13.81 pesos, como se muestra en el cuadro No. 5.

**Cuadro No. 5.- Precios de gasolina magna, premium y diesel**

<b>2014</b>	<b>Magna (\$ Pesos Mexicanos)</b>	<b>Premium (\$ Pesos Mexicanos)</b>	<b>Diesel (\$ Pesos Mexicanos)</b>
<b>Enero</b>	12.22	12.80	12.60
<b>Febrero</b>	12.41	12.91	12.71
<b>Marzo</b>	12.50	13.02	12.82
<b>Abril</b>	12.59	13.13	12.93
<b>Mayo</b>	12.68	13.24	13.04
<b>Junio</b>	12.77	13.35	13.15
<b>Julio</b>	12.86	13.46	13.26
<b>Agosto</b>	12.95	13.57	13.37
<b>Septiembre</b>	13.04	13.68	13.48
<b>Octubre</b>	13.13	13.79	13.59
<b>Noviembre</b>	13.22	13.90	13.70
<b>Diciembre</b>	13.31	14.01	13.81

Fuente: [www.pemex.com](http://www.pemex.com)

El bioetanol al ser un oxigenante de las gasolinas, mejora su octanaje de manera considerable, lo que ayuda a descontaminar las ciudades y a reducir los gases

causantes del efecto invernadero. En su estructura contiene moléculas de oxígeno que permiten que el motor realice una combustión completa y por lo tanto haya un mejor aprovechamiento del combustible. Al ver una mejor combustión se disminuye las emisiones.

Las mezclas de bioetanol con la gasolina (E5%, E10% y E15%) contribuyen a reducir la dependencia de los combustibles de origen fósil, tiene un efecto positivo en la reducción de las emisiones y dinamizan el sector agrícola, generando empleo e ingresos en el campo.

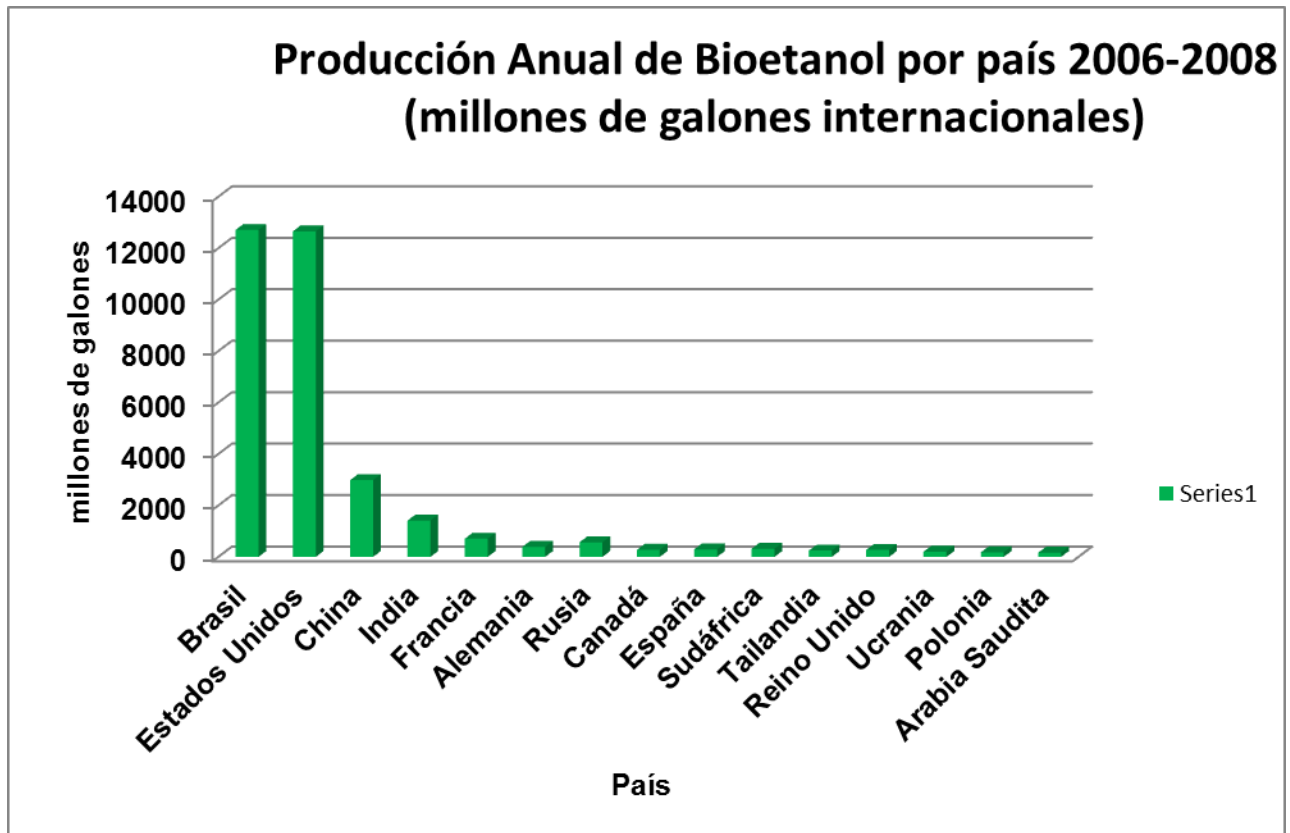
### **3.5.2.- Mercado Internacional**

La producción y consumo de bioetanol aumentó a nivel mundial en el 2010 en torno al 12% alcanzando los 3640 millones de litros (CEPAL, 2011), respectivamente. En Estados Unidos, en varios países de Centroamérica y Sudamérica, y en la Unión Europea se han introducido nuevas legislaciones de consumo obligatorio o se han ampliado las ya existentes. También hubo un nuevo aumento en el consumo nacional de bioetanol en Brasil. En varios países los gobiernos por ley han competido el consumo de bioetanol.

En lo que se refiere al resto del mundo la puesta en servicio de nuevas instalaciones de producción será la base del fuerte aumento de producción en la Unión Europea. En el 2006-2008 la producción mundial de bioetanol en todos sus grados fue de 51,00 mil millones de litros. En la Gráfica No. 1 se observa que los dos principales países productores de bioetanol, son Brasil y Estados Unidos, que juntos producen el 70% del total de bioetanol, seguidos por China, India y Francia. Incentivos del mercado ha provocado el desarrollo de crecientes industrias en países como Tailandia, Filipinas, Guatemala, Colombia y República Dominicana. En Europa, tanto Alemania como España han incrementado considerablemente su producción de bioetanol.



**Gráfica No. 1.- Principales países productores de bioetanol por país 2009-2010  
(millones de galones internacionales)**

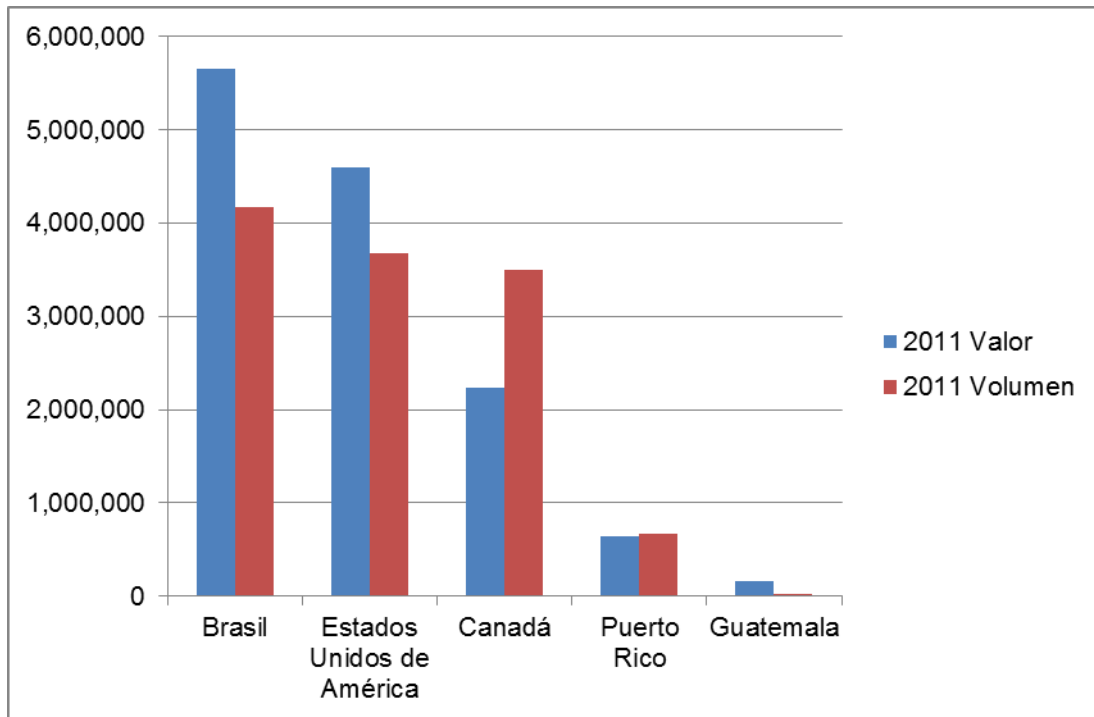


Fuente: Elaboración propia con datos de la CEPAL, 2008c

En la actualidad, Brasil y Estados Unidos controlan el mercado de bioetanol. La diferencia que los separa consiste en que la totalidad de la producción estadounidense tiene como destino su mercado interno que además será abastecido en parte con importaciones, mientras que Brasil cuenta con ser el principal proveedor mundial.

En la gráfica No. 2, se muestra los países exportadores de bioetanol indicando el valor y volumen durante el 2011, Brasil con un valor de 5, 651,359 de dólares y un volumen de 4, 170,745 litros, Estados Unidos con valor de 4, 604,140 de dólares y volumen de 3, 673,959 litros y Canadá con 2, 239,300 de dólares y un volumen de 3, 500,000 litros, estos países son los exportadores que participan en el mercado y tiene la capacidad de cubrir la demanda dentro y fuera del mismo.

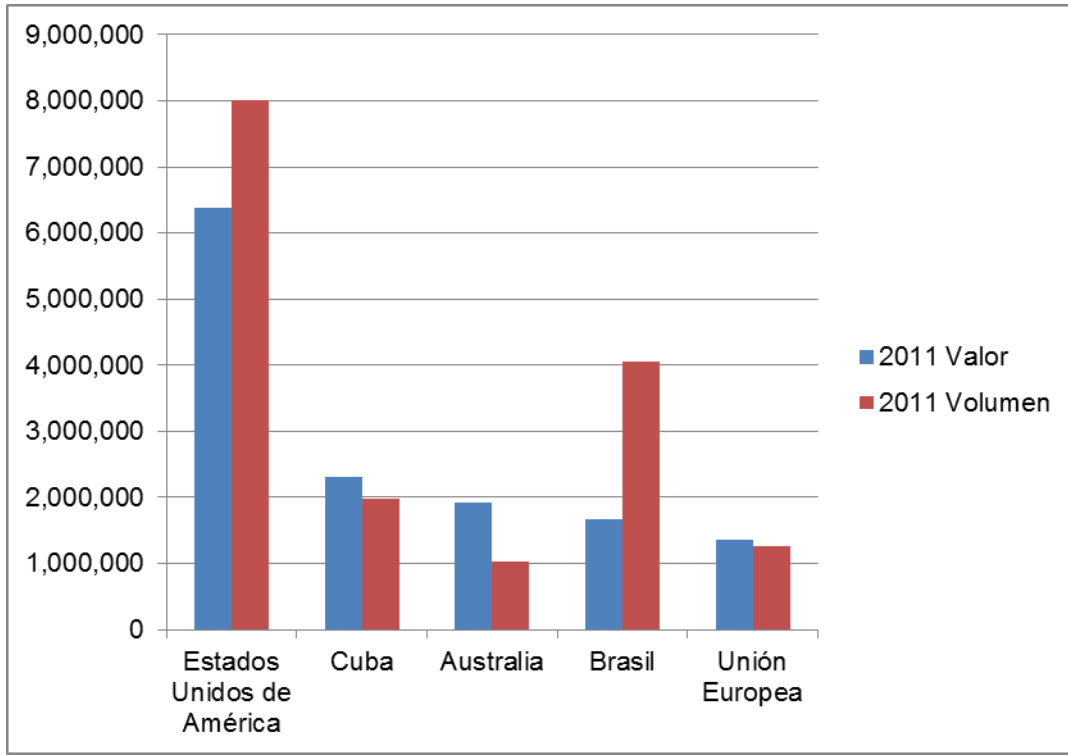
**Gráfica No. 2.- Países Exportadores de bioetanol, 2011 (valores de dólares y litros)**



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAVI, Secretaría de Economía, 2011

En la gráfica No. 3, se observa que de los países importadores de este alcohol, destaca Estados Unidos con un valor de 6, 380,592 de dólares y un volumen de 8, 002,398 litros, Brasil con valor de 1, 661,021 de dólares y volumen de 4,053,799 litros. Estados Unidos y Brasil son los principales importadores y proveedores en el mercado internacional, estos países abastecen las cantidades y cuentan con la tecnología moderna para la producción de bioetanol a base de caña y maíz. En relación con Cuba tiene un valor de 2, 306,153 de dólares y volumen de 1, 988,344 litros, esto significa que este tiene una importante inversión principalmente con Brasil para comprar y adquirir el bioetanol, ya que tiene como objetivo aumentar su producción de azúcar y capacidad molienda para fabricar biocombustibles, en unos años más Cuba se puede convertir un productor mundial de bioetanol.

**Gráfica No. 3.- Países Importadores de bioetanol, 2011 (valores de dólares y litros)**



Fuente: Elaboración propia con datos SIAVI, Secretaria de Economía, 2011

### 3.5.3.- Mercado Nacional

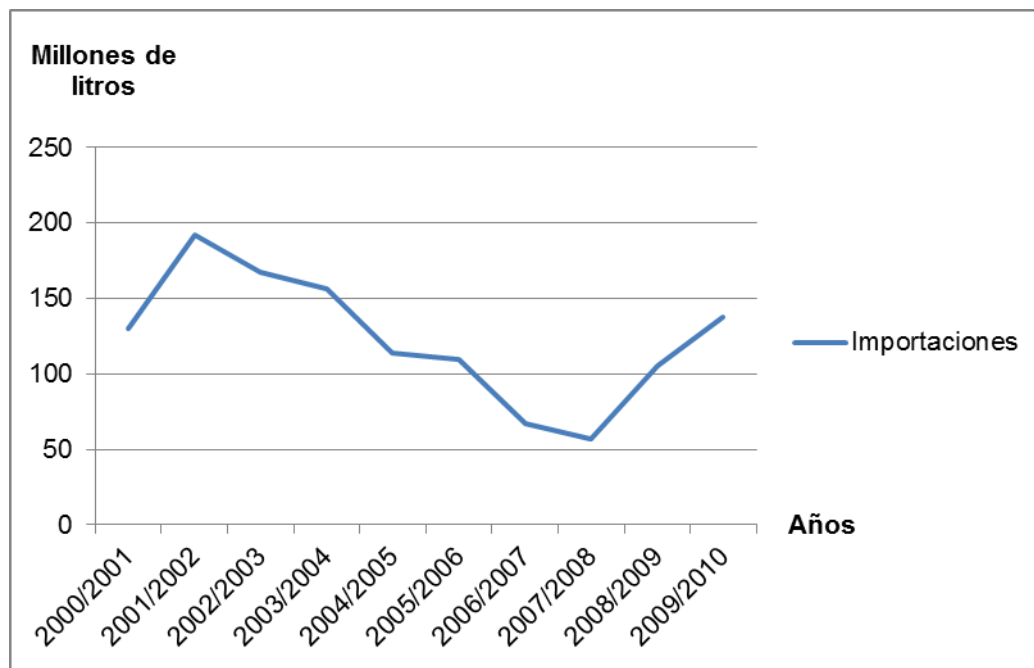
La introducción de bioetanol al mercado nacional solamente se ha hecho de manera marginal, debido a que la producción es insuficiente para satisfacer la demanda de las zonas productoras de Chiapas, Veracruz, Puebla, Tabasco. Del estado de Sinaloa se vendía el bioetanol al mercado estadounidense, pero ahí y en otros centros consumidores no se conoce el bioetanol para su uso. Sin embargo con la reforma energética se espera nuevas oportunidades para los combustibles y la energía renovable a gran escala mediante los distribuidores privados de combustible para las autoridades y compradores puedan compartir con regular bioetanol y gasolina, sin necesidad de que lo apoye el estado, pero en unos años el estado puede regular, y el establecimiento de certificados de energías limpias. Con esto, se promueve la diversificación en la producción de la energía con el uso de la bioenergía.

Con las nuevas tecnologías especializadas se estaría en condiciones de abastecer el mercado nacional, que de abrirse plenamente llevaría un gran crecimiento en la producción de bioetanol; por lo cual se ha visto la necesidad y organizar y proponer una red de valor, que es mostrada más adelante.

Para las estrategias de comercialización, conviene asimilar la experiencia de Estados Unidos y Brasil, donde el bioetanol no tenía demanda regional ni nacional pero con el paso de tiempo se impulsaron proyectos de producción para la exportación.

En la actualidad México importa bioetanol en función que se dedican a la producción para su venta y comprar, en la siguiente grafica No. 4, muestra algunos datos de importación de alcohol.

**Gráfica No. 4.- Importaciones de bioetanol en México 2000-2010 (millones de litros)**



Fuente: Sistema InfoCaña, SIAP, 2012

En la gráfica anterior se puede apreciar que los años con mayor importación de bioetanol fueron 2001-2002. En ese periodo se observa que México alcanzó los 192.3 millones de litros esto debido al aumento de la producción de bienes principalmente en

cultivos agrícolas (caña de azúcar, sorgo, maíz). Situación que dio mayor beneficio a las refinerías para incrementar la producción y comprar de bioetanol mientras en el 2003-2004 a 2007-2008, la importación empezó a disminuir debido a la crisis económica del 2008 donde provocó baja producción e inversión en la refinerías para mejorar la comprar de bioetanol en el exterior. A partir del 2009-2010 hasta la fecha se empieza a mejorar las importaciones y la producción de bioetanol gracias al apoyo de los programas de SAGARPA, FOCIR que permitieron dar un crédito en las refinerías para mejorar la producción de biocombustibles.

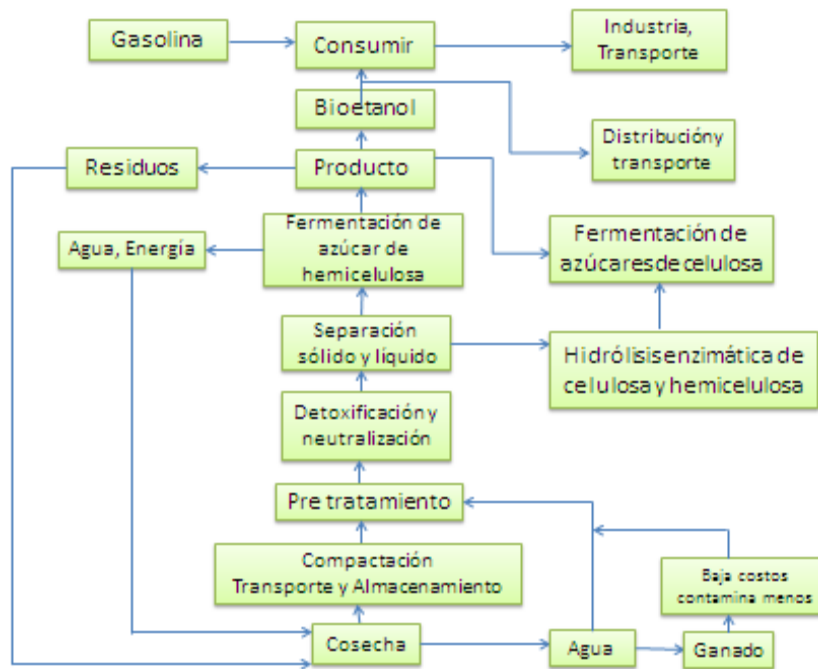
En mayo del 2014 la empresa Alianza de Proyectos Estratégicos (APE) abrió la primera gasolinera de etanol en Veracruz, dicho etanol es obtenido a partir del jugo de caña de azúcar y se procesa en la Ciudad de Orizaba, el combustible se venderá y se entregará igual que una gasolinera, esta empresa tiene como meta abrir otras dos estaciones en Minatitlán y Puebla. Por lo tanto, se están abriendo nuevas alternativas que permitan mejorar el cuidado ambiental, abrir nuevas oportunidades de empleo y beneficiar al propio consumidor.

### **3.6.- Red de Valor de Bioetanol**

Definiendo que una red de valor es un modelo de negocios que utiliza conceptos de la cadena de suministros para obtener la mayor satisfacción del cliente; conociendo sobre quien actúa la red de valor y para la satisfacción de quién, y al identificar la problemática de mercado y distribución de bioetanol, a continuación se realiza una propuesta en una red de valor de bioetanol, desarrollando cada uno de sus componentes, iniciando por el consumidor; considerando sus posibles usos e industrialización.

Esta red de valor incluye cada proceso considerando al producto como biocombustible, incluyendo a la producción, la transformación y el consumo del bioetanol.

**Diagrama No. 10.- Propuesta de una red de valor de bioetanol y gasolina con empresa privada**



Fuente: Elaboración Propia

Esta propuesta de red de valor no deja fuera a los diversos actores que pueden tener participación, por mencionar algunos como, investigadores genetistas, productores, materiales, marketing, etcétera.

Sin embargo está enfocado a los actores que por llamarlos de alguna manera, son los más fuertes dentro de la red, todo hacia un mismo fin el cual es la satisfacción del consumidor; en el caso del bioetanol adquiriendo un biocombustible y a la vez nuevo, que pueda dar beneficio en las industrias y en el medio ambiente.

El proceso es seguido en la industrial y el transporte que es donde el consumidor adquiere el producto que pueda satisfacer su necesidad. La industria y el transporte son quienes surten a los lugares de concurrencia del consumidor, por lo que deben estudiar o analizar las características de demanda, para abastecer productos que cubran las expectativas y exigencias.

Ha de saberse que todo proceso deja residuos o desechos, que en este caso pueden ser aprovechados para la alimentación de ganado todo lo que se mencionó se le podría llamar economía circular en una red a diferencia de las actividades comunes de prevención de contaminación que están enfocadas en reducir, reutilizar y reciclar materiales dentro de un proceso, va más allá del límite entre diferentes procesos. Cuando hay economía circular entre varias organizaciones en este caso la industria y el transporte, tienen departamentos o, en la misma empresa o en el mismo sector pero conlleva diferentes unidades de producción.

Para que se lleve a cabo esta herramienta de forma correcta se deben cumplir una serie de principios, entre los más importantes son:

- La colaboración creativa entre los consumidores para que sea redituable.
- Se debe motivar el apoyo del proyecto a los participantes mostrándoles los beneficios y avances del mismo.
- Deber ver comunicación estrecha entre participantes (industrial y transporte), la información debe influir libremente entre ellos.
- Es necesario innovar, romper paradigmas, desde la invención de nuevas tecnologías hasta la creación de estrategias para superar obstáculos.
- Un proyecto de economía circular debe evaluarse a lo largo de todo el ciclo de vida de este (antes, durante y después de su implementación) para asegurar el logro de los objetivos económicos, ambientales y social.

## CAPTULO 4.- EVALUACIÓN Y ANALISIS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

### 4.1.- Datos generales del proyecto de inversión mediante evaluación tradicional

En este apartado los datos generales para este proyecto de inversión dependen mucho de la planta a la que es sometida en función, pues se toma en cuenta el mantenimiento de la planta, mano de obra, manejo de vinaza, servicios e insumos. En vistas realizadas a SAGARPA se nos proporcionaron los datos posibles del rendimiento y los costos de producción del bioetanol (alcohol etílico) pues se considera hay un bajo rendimiento en la producción de este alcohol; a continuación se presenta diversos cuadros dando los costos de insumos, servicios, costos de producción.

**Cuadro N. 6.- Costos de establecimiento de bioetanol en alcohol-caña, 2011**

CONCEPTO	UNIDAD	CONSUMO POR DIA	COSTO UNITARIO	IMPORTE \$	COSTO X LITRO	COSTO X LITRO EN USD
<b>GRADO ALCOHOLICO DE 96° GL</b>						
MOLIENDA DIARIA		1,250.00	T			
REND. ETANOL/CAÑA		90.00	L/T			
PROD. DIARIA PROGRAMADA		112,500.00	L			
TIPO DE CAMBIO		13.00	MXP/USD			
KG. MIEL/LT ALCOHOL						
<b>INSUMOS</b>						
Caña de azúcar	T	1,250.000	480.830	601,038	5.343	0.411
Urea (kgs)	kg	700.000	4.80	3,360	0.030	0.002
Fosfato de amonio (kgs)	kg	75.000	6.90	518	0.005	0.000
Acido sulfúrico (kgs)	kg	4,500.000	1.84	8,280	0.074	0.006
Levadura (kgs)	kg	40.000	103.00	4,120	0.037	0.003
Antiespumante (kgs)	kg	100.000	31.80	3,180	0.028	0.002
Virginiamicina (Kg)	kg	2.612	887.00	2,317	0.021	0.002
Sulfato de Zinc (Kg)	kg	0.880	73.50	65	0.001	0.000
Sulfato de Magnesio (Kg)	kg	12.500	38.00	475	0.004	0.000
Tiamina (Kg)	kg	1.050	250.00	263	0.002	0.000
Pantotenato de Calcio (Kg)	kg	1.050	230.85	242	0.002	0.000
Tratamiento torres enfriamiento	kg	88.500	32.59	2,884	0.026	0.002
Tratamiento calderas (lts)	L	15.000	21.76	326	0.003	0.000
Bifloruro de amonio (kgs)	kg	10.000	21.87	219	0.002	0.000
Sal industrial (kgs)	kg	100.000	1.89	189	0.002	0.000
<b>SERVICIOS</b>						
Combustóleo (lts)	L	-	6.00	-	-	-
energía eléctrica (kw/hr)	kw/hr	-	1.60	-	-	-
Agua (m3)	m3	-	1.03	-	-	-
<b>MANO DE OBRA</b>						
Empleados planta	\$/dia	1	20,806.00	20,806	0.185	0.014
Empleados de molienda	\$/dia	1	22,400.00	22,400	0.199	0.015
Empleados Horova	\$/dia	1	8,562.29	8,562	0.076	0.006
<b>MANEJO DE VINAZA</b>						
Costos Horova	\$/dia	1	6,892.00	6,892	0.061	0.005
Combustibles	\$/dia	1	13,853.00	13,853	0.123	0.009
Pipas foráneas	\$/dia	-	-	-	-	-
<b>COSTOS DE PRODUCCION</b>				<b>\$ 6,222</b>	<b>\$ 0,479</b>	<b>95.4%</b>
Gerencia y administración	\$/dia	1.00	20,806.00	20,806	0.185	0.014
Gastos generales	\$/año	0.03	56,000.00	1,867	0.017	0.001
Seguros	\$/L	0.00	500,000.00	1,370	0.012	0.001
Mantenimiento de planta	\$/año	0.00	3,600,000.00	9,863	0.088	0.007
<b>GASTOS DE OPERACION</b>				<b>\$ 0,301</b>	<b>\$ 0,023</b>	<b>4.6%</b>
<b>TOTALES</b>				<b>\$ 6,5235</b>	<b>\$ 0,5018</b>	<b>100.0%</b>

Fuente:SAGARPA, 2011



**Cuadro No. 7.- Composición de los costos de bioetanol en caña-terceros, 2011**

MOLIENDA DIARIA	1250	T				
REND. ETANOL/CAÑA	90	L/T				
PROD. DIARIA PROGRAMADA	112500	L				
TIPO DE CAMBIO	13	MXP/USD				
CONCEPTO	UNIDAD	CONSUMO POR DIA	COSTO UNITARIO	IMPORTE \$	COSTO X LITRO	COSTO X LITRO EN USD
<b>INSUMOS</b>						
Caña de azúcar	T	1,250.000	480.830	601,038	5.343	0.411
Urea (kgs)	kg	700.000	4.8	3,360	0.030	0.002
Fosfato de amonio (kgs)	kg	75.000	6.9	518	0.005	0.000
Acido sulfúrico (kgs)	kg	4,500.000	1.84	8,280	0.074	0.006
Levadura (kgs)	kg	40.000	103	4,120	0.037	0.003
Antiespumante (kgs)	kg	100.000	31.8	3,180	0.028	0.002
Virginiamicina (Kg)	kg	2.612	887	2,317	0.021	0.002
Sulfato de Zinc (Kg)	kg	0.880	73.5	65	0.001	0.000
Sulfato de Magnesio (Kg)	kg	12.500	38	475	0.004	0.000
Tiamina (Kg)	kg	1.050	250	263	0.002	0.000
Pantotenato de Calcio (Kg)	kg	1.050	230.85	242	0.002	0.000
Tratamiento torres enfriamiento	kg	88.500	32.59	2,884	0.026	0.002
Tratamiento calderas (lts)	L	15.000	21.76	326	0.003	0.000
Bifloruro de amonio (kgs)	kg	10.000	21.87	219	0.002	0.000
Sal industrial (kgs)	kg	100.000	1.89	189	0.002	0.000
<b>SERVICIOS</b>						
Combustóleo (lts)	L	0	6	-	-	-
energía eléctrica (kw/hr)	kw/hr	0	1.6	-	-	-
Agua (m3)	m3	0	1.03	-	-	-
<b>MANO DE OBRA</b>						
Empleados planta	\$/dia	1	20806	20,806	0.185	0.014
Empleados de molienda	\$/dia	1	22400	22,400	0.199	0.015
Empleados Horova	\$/dia	1	8562.29	8,562	0.076	0.006
<b>MANEJO DE VINAZA</b>						
Costos Horova	\$/dia	1	6892	6,892	0.061	0.005
Combustibles	\$/dia	1	13853	13,853	0.123	0.009
Pipas foráneas	\$/dia	0	0	-	-	-
<b>COSTOS DE PRODUCCION</b>					<b>\$ 6.222</b>	<b>\$ 0.479</b>
Gerencia y administración	\$/dia	1	20806	20,806	0.185	0.014
Mantenimiento de planta	\$/año	0.0027397	3600000	9,863	0.088	0.007
Gastos generales	\$/mes	0.0333333	56,000	1,867	0.017	0.001
Seguros	\$/año	0.0027397	500000	1,370	0.012	0.001
<b>GASTOS DE OPERACION</b>					<b>\$ 0.301</b>	<b>\$ 0.023</b>
<b>TOTALES</b>					<b>\$ 6.5235</b>	<b>\$ 0.5018</b>

Fuente: SAGARPA, 2011

**Cuadro No. 8.- Composición de costos de bioetanol en alcohol-melaza, 2011**

COSTO DE MELAZA	100	USD \$/T					
FLETE DE MELAZA	250	\$/T					
MELAZA PROCESADA	450	T/DIA					
REND. MELAZA/CAÑA	250	L/T					
PROD. DIARIA PROGRAMADA	112,500	L					
TIPO DE CAMBIO	13.00	MXP/USD					
CONCEPTO	UNIDAD	CONSUMO POR DIA	COSTO UNITARIO	IMPORTE \$	COSTO X LITRO	COSTO X LITRO EN USD	
<b>INSUMOS</b>							
Miel final a 85°Bx <sup>TM</sup>	T	450	1550	697,500	6.20	0.48	
Urea (kgs)	kg	795.4545	4.8	3,818	0.03	0.00	
Fosfato de amonio (kgs)	kg	85.22727	6.9	588	0.01	0.00	
Acido sulfúrico (kgs)	kg	5113.636	1.84	9,409	0.08	0.01	
Levadura (kgs)	kg	45.45455	103	4,682	0.04	0.00	
Antiespumante (kgs)	kg	0	31.8	-	-	-	
Virginiamicina	kg	0	887	-	-	-	
Sulfato de Zinc	kg	0	73.5	-	-	-	
Sulfato de Magnesio	kg	0	38	-	-	-	
Tiamina	kg	0	250	-	-	-	
Pantotenato de calcio	kg	0	230.85	-	-	-	
Tratamiento torres enfriamiento	kg	100.5682	32.59	3,278	0.03	0.00	
Tratamiento calderas (lts)	L	17.04545	21.76	371	0.00	0.00	
Bifloruro de amonio (kgs)	kg	11.36364	21.87	249	0.00	0.00	
Sal industrial (kgs)	kg	113.6364	1.89	215	0.00	0.00	
<b>SERVICIOS</b>							
Combustóleo (lts)	L	23892.86	6	143,357	1.27	0.10	
energía eléctrica (kw/hr)	kw/hr	16800	1.6	26,880	0.24	0.02	
Agua (m3)	m3	0	1.03	-	-	-	
<b>MANO DE OBRA</b>							
Empleados planta	\$/dia	1	18036	18,036	0.16	0.01	
Empleados de molienda	\$/dia	1	22400	22,400	0.20	0.02	
Empleados Horova	\$/dia	1	10518.23	10,518	0.09	0.01	
<b>MANEJO DE VINAZA</b>							
Costos Horova	\$/dia	1	9850	9,850	0.09	0.01	
Combustibles	\$/dia	1	18545	18,545	0.16	0.01	
Pipas foráneas	\$/dia	0	0	-	-	-	
<b>COSTOS VARIABLES DE PRODUCCIÓN</b>					<b>\$ 8.620</b>	<b>\$ 0.663</b>	
Gerencia y administración	\$/dia	1	18036	18,036	0.160	0.012	
Mantenimiento de planta	\$/año	0.00274	3600000	9,863	0.088	0.007	
Gastos generales	\$/mes	0.033333	56,000	1,867	0.017	0.001	
Seguros	\$/año	0.00274	500000	1,370	0.012	0.001	
<b>COSTOS FIJOS DE PRODUCCIÓN</b>					<b>\$ 0.277</b>	<b>\$ 0.021</b>	
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 8.8963</b>	<b>\$ 0.6843</b>	

Fuente:SAGARPA, 2011

#### **4.1.1.- Análisis de la Evaluación Tradicional**

Una Biorefinería es una institución que integra equipo y procesos de conversación de biomasa para producir combustibles, químicos y energía a partir de materiales biológicos. Este tipo de refinerías han sido identificadas como el camino más prometedor para la creación de bio-industrias.

El proyecto consiste en el diseño, construcción y operación de una Biorefinería para la elaboración de bioetanol y alcohol a partir de materias primas renovables de origen agrícola (caña de azúcar) y el aprovechamiento integral, a través de la comercialización de los subproductos relacionados como son los alimentos para el ganado y fertilizantes (Mustieles, 2009).

Al llevar a cabo este estudio enfocado al bioetanol (alcohol etílico) se inició con una evaluación tradicional obteniendo el VAN, TIR y B/C, seguido de un análisis de resultado, después se elabora un estudio por medio de opciones reales, aplicando arboles binomiales y la explicación en cada uno de ellos.

Para realizar estas dos evaluaciones se tomaron en cuenta diferentes datos como precios analizados desde el año 2000 hasta el 2011 tomando el precio medio y precio alto, costos de producción, ventas, inversiones, etcétera., para llevar a cabo la producción de bioetanol.

Para la obtención de los indicadores financieros tradicionales, se realizó el cálculo con costos totales para 10 años en los cuales fue elaborado, para el análisis de la vida útil inicial por este tiempo.

## Cuadro No. 9.- Obtención de VAN, TIR yB/C

	S.A	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	
Ingresos netos		276,012,000.00	271,955,250.00	308,011,500.00	308,011,500.00	308,011,500.00	308,011,500.00	308,011,500.00	308,011,500.00	308,011,500.00	308,011,500.00	
Utilidad operativa		- 35,106,174.61	14,978,291.12	14,978,291.12	14,978,291.12	14,978,291.12	14,978,291.12	14,978,291.12	14,978,291.12	14,978,291.12	14,978,291.12	99,698,445.44
Depreciación/amortización		-	-	3,199,500.00	3,199,500.00	3,199,500.00	3,199,500.00	3,199,500.00	3,199,500.00	3,199,500.00	3,199,500.00	
Impuestos		- 16,675,432.94	7,114,688.28	7,114,688.28	7,114,688.28	7,114,688.28	7,114,688.28	7,114,688.28	7,114,688.28	7,114,688.28	7,114,688.28	
Flujos operativo		- 18,430,741.67	7,863,602.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	
Variaciones en el capital de trabajo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Variación neta en el capital de trabajo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Adquisición de inmuebles		-	31,995,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total de inversiones en capital		-	31,995,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	
Flujo libre	- 122,580,646.75	- 18,430,741.67	- 24,131,397.16	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	11,063,102.84	45,942,683.86
Valor presente flujos	- 112,440,960.32	- 16,908,937.31	- 22,138,896.48	10,149,635.63	10,149,635.63	10,149,635.63	10,149,635.63	10,149,635.63	10,149,635.63	10,149,635.63	10,149,635.63	
Supuestos												
TASA DE DESCUENTO		9.00%										
VAN		14,318,127.65										
TIR		9.39%										
B/C		2.17										

En el cuadro No. 9, se muestran los indicadores financieros tradicionales en un proyecto de inversión para producción de bioetanol, para finalizar estos resultados se deben considerar los criterios de aceptación que se mencionaron en el capítulo uno. Conociendo el proyecto se da conocer la actividad de uso que tiene el bioetanol como biocombustible en los diferentes sectores: industrial y transporte.

En este caso el análisis de estos datos son los siguientes; iniciando con el VAN, se obtiene el resultado de \$14, 318,127.65, esto indica que el proyecto es rentable.

Otro indicador que se obtuvo fue la TIR, el resultado en la evaluación de este proyecto es de 9.39%, ya que es mayor a la tasa de descuento utilizada es del 9% por lo que es aceptable el proyecto.

En la obtención de la relación beneficio-costos, el resultado que se obtuvo al dividir los costos e ingresos totales fue de 2.17, lo cual es de igual manera aceptable, ya que

este debe ser mayor o igual a cero ( $\geq 0$ ), por otro lado, la interpretación sería, que por cada peso que se le invierta al proyecto, se obtienen 1.20 centavos de ganancia.

Conociendo los resultados del proyecto con la evaluación tradicional, se pasa ahora la evaluación por medio opciones reales con la aplicación de árboles binomiales de ampliación y se analiza su diferencia.

## **4.2.- Opciones reales de Expansión y Salida**

### **4.2.1.- Árboles binomiales**

A continuación en este apartado se dará a conocer los arboles binomiales de ampliación aplicado a la volatilidad de precios, opción salida europea y opción salida americana, en tomar una decisión si el proyecto debe diferir, ampliar, reducir, abandonar, seguir o cambiar, de acuerdo al mercado.

#### **4.2.1.1.- Análisis de la aplicación de los arboles binomiales**

Del mismo modo que en la evaluación tradicional, se realizó la evaluación en un periodo de diez años, para llevar a cabo esta evaluación se toma como valor inicial del año cero el valor actual neto del proyecto en la forma tradicional que en su caso el valor es \$14,318,127.65 pesos.

Para llevar a cabo el cálculo con árboles binomiales es necesario obtener el valor de la desviación estándar, considerando las tasas continuas de los precios reales, en este caso se analizaron los precios de bioetanol; el valor de la desviación estándar es de 0.1474, a su vez, se debe realizar el cálculo del *up* ( $\mu$ ) de cuándo va bien y el *down* ( $d$ ) cuando va mal, asociados a sus probabilidades de subir o bajar dependiendo la ubicación en la que sea encontrado; cuyos valores es este caso ( $\mu$ ) 1.1588174 y ( $d$ ) 0.86294874, la tasa de cetes del Banco de México fue de 5% en el largo plazo, que se toma como tasas de interés libre riesgo para el cálculo de los arboles binomiales.

Se sabe que para la ejecución del *up* y *down* deben ser asociados con sus probabilidades que nos vaya bien o mal, para obtener estos resultados de la

probabilidad de que nos vaya bien debe aplicar la fórmula 7, que se muestra a continuación:

$$P = \frac{(1 + i) - d}{\mu - d}$$

Y para la probabilidad de que vaya mal se debe realizar una simple resta:

$$1 - P$$

El resultado es el siguiente:  $P = 0.63221047$  y  $1 - P = 0.36778953$

Conociendo ya los datos para la elaboración de un árbol binomial analizando la volatilidad de precios, se podrá llevar a cabo, como se mencionó, partiendo de una VAN inicial, y una volatilidad de 0.1474, con ( $\mu$ ) 1.1588174 y ( $d$ ) 0.86294873, así como su  $P = 0.63221047$  y  $1 - P = 0.36778953$ .

En la siguiente página se muestra el árbol binomial 1 el cual se analiza la volatilidad de precios que se puede presentar en el proyecto. Se observa que durante la aplicación del proyecto de diez años puede colapsar, a cada nodo marcado con un número del 1 hasta la 66 tiene un valor que se obtiene de la multiplicación de un nodo anterior por el *up* y *down*, y así sucesivamente para todos los nodos; al final del análisis en la volatilidad de precios se observa que el último año el flujo de efectivo puede llegar a tener un valor de \$62,522,494.40 pesos si va bien; pero si va mal su valor puede ser de \$3,278,960.34 pesos. Como se observa, la dispersión entre estos dos valores es muy notable, pero hasta el momento no se ha aplicado ninguna opción alternativa al proyecto.









Para realizar el árbol binomial con opción de ampliación se hizo una compra del proyecto por \$28,731,925.94 pesos que es un valor arriba del costo en su valor presente en el año cuatro, ya que se aplica la compra del proyecto por arriba del VAN de la media. Conociendo esta información entonces se procederá a analizar el árbol binomial 2 donde se aplica la opción de ampliación.

En el árbol binomial 2 con opción de ampliación, se muestran valores en negritas, esta opción supone comprar el proyecto en el año cuatro por \$28,731,925.94 que es un valor de la compra del proyecto; esta compra debe estar considerada como una posibilidad de ganancia en el proyecto; por lo tanto los valores que se modifican son los que están por arriba del valor propuesto, para el caso de los nodos, 5 con \$38,719,263.27 pesos, 6 con \$44,879,966.31, 17 con \$33,393,125.12 y 25 con \$24,625,602.78 pesos, y así sucesivamente hasta llegar a los nodos 11 al 46, luego se recalcula los valores de los nodos de atrás para adelante y siempre bajo la regla de seleccionar el de mayor valor hasta tener el nuevo valor actual del nodo 1 de \$21,126,121.16, donde se aplicaría la compra del proyecto.

En el árbol binomial 3 con opción de salida, se muestran valores en la parte de abajo de la media (valores en negritas), esta opción supone vender el proyecto en el último año por \$14,318,127.65 que es un valor de venta del proyecto; esta venta debe estar considerada como una posibilidad de pérdida en el proyecto, pero a su vez de ganancia; por lo tanto los valores que se modifican son los que están por debajo del valor propuesto, para el caso de los nodos, 21, 22, 23, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 hasta llegar al nodo 66 con un valor de \$14,318,127.65 pesos, donde se aplicaría la venta del proyecto.

Una vez realizada la opción de venta al último año es conveniente conocer el valor del proyecto hoy; esta se realiza con el cálculo del valor presente para cada nodo, iniciando del año 10 al 0 finalizando en el nodo 1.

Para llevar a cabo el cálculo del valor presente deben considerarse las probabilidades de subir  $P = 0.63221047$  y bajar  $1 - P = 0.36778953$ ; ahora se aplica la fórmula 5 del

capítulo 1 donde se obtiene el valor presente, para el caso del nodo 8 se aplica de la siguiente manera:

$8 = ((0.63221047 * 46, 559,282.93) + (0.36778953 * 34, 671,790.50)) / (1+0.05) = \$40, 178,274.02$ , el valor presente de este año no cambia al original ya que no es conveniente ejercer el derecho de venta en el octavo año, lo mismo aplica el nodo 7 y 15.

Sin embargo, para realizar el cálculo en el nodo 43 donde se aplica la opción de venta en el octavo año, es calculado con la misma fórmula 5, pero se observa que el valor si cambia y pasa de \$14,318,127.65 a \$15,005,479.90 pesos; y así sucesivamente aplicado en los nodos 20, 24, 35, hasta llegar al nodo 1 donde  $1 = ((0.63221047 * 17,019,579.24) + (0.36778953 * 14,318,127.65)) / (1+0.05) = \$15,262,870.24$ .

Una vez conocido el valor del nodo 1 que es el valor del proyecto hoy aplicando esta opción de salida, el valor del proyecto pasa de \$14,318,127.65 a \$15,262,870.13 pesos este sería la cantidad límite que se estaría dispuesto a pagarse en esta opción.

En el árbol binomial 4 se muestra la combinación de la opción de expansión y salida tomando el último los valores del año 10, los valores que están por arriba de la media son los valores de la opción de expansión y los valores que están por debajo de la media son de la opción de salida, una vez obtenido los valores del último año, se calcula con la fórmula 5 del capítulo 1, obteniendo los valores de los nodos de atrás para adelante y siempre bajo la regla de seleccionar el mayor valor llegando al nodo 1 con un nuevo valor de \$21,456,676.91, esto sería la cantidad definitiva aplicando esta opción para la compra-venta del proyecto.

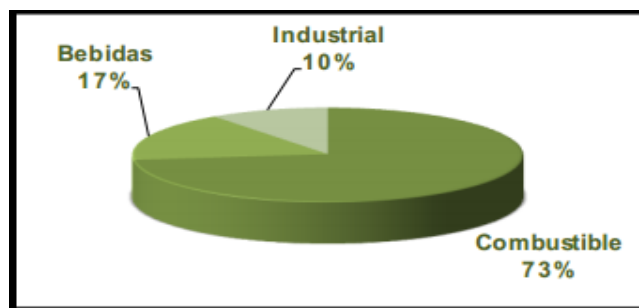


## CAPITULO 5. PLAN DE NEGOCIOS PARA PRODUCIR ALCOHOL CON OPCIÓN DE AMPLIAR A BIOETANOL

### 5.1.- Análisis de Mercado

En los últimos años los biocombustibles han captado cada vez más el interés en el mercado de bebidas, industrial (farmacéutica, cosmética) y combustibles a nivel mundial.

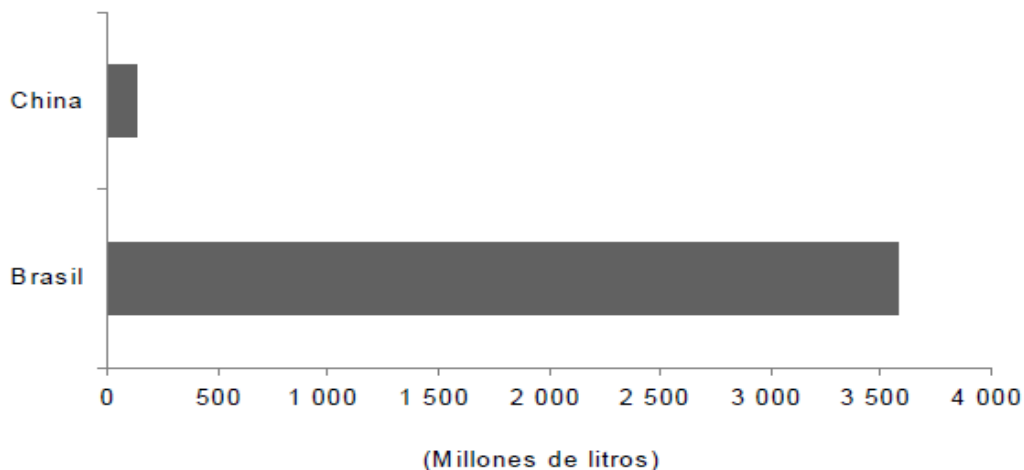
**Gráfica No. 5. - Consumo de los Biocombustibles**



Fuente: Asociación de Combustibles Renovables –ACR-

El dinámico y atractivo mercado de los biocombustibles han estimulado la reconversión de productos convencionales; en las siguientes gráficas se muestra como las exportaciones e importaciones del mercado se ha aumentado para cubrir la demanda.

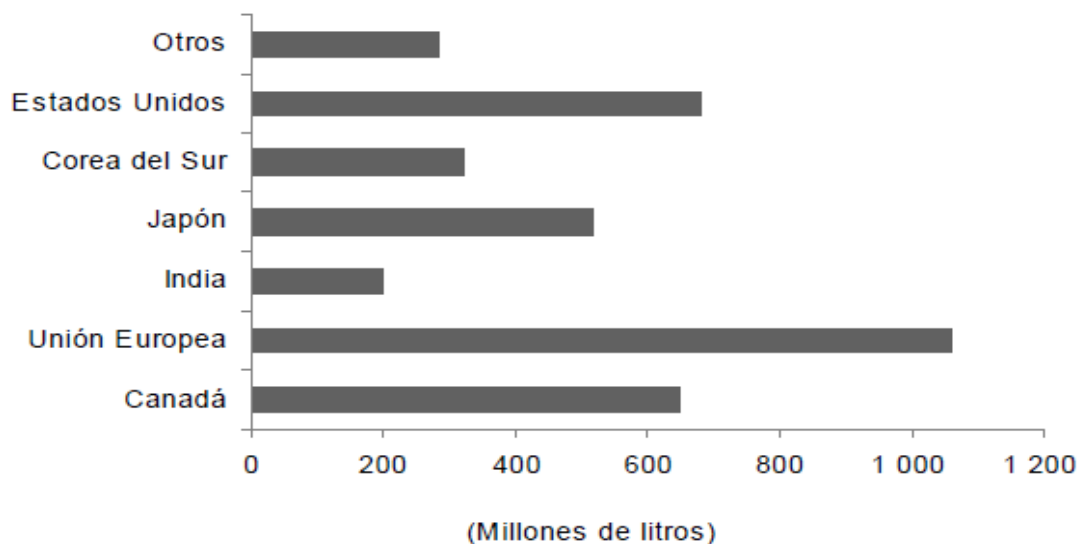
**Gráfica No. 6.- Exportaciones de biocombustibles a nivel mundial, 2009**



Fuente: FAPRI, 2010b

Se observa que Brasil es el principal exportador en forma indiscutida con más de un 90% de participación en las exportaciones. Este país destina cerca del 15% de su producción en los mercados externos (Dufey, 2009).

**Gráfica No. 7.- Importaciones de Biocombustibles a nivel mundial, 2009**



Fuente: FAPRI, 2010b

Es notable que la Unión Europea es quien demanda más este tipo de biocombustibles seguida de Estados Unidos y Canadá. Por lo tanto, se pretende alcanzar al mercado nacional e internacional siendo más cercano los Estados Unidos, pues este es uno de los principales productores de biocombustibles, y en la producción del bioetanol.

El producto va dirigido a todos los segmentos, pues cubre características limpias y físicas.

El mercado nacional se produce bioetanol de caña en las diferentes ingenios del país que cuentan con refinerías, sólo que su uso es para bebidas embriagantes e industriales. Se produce, principalmente, de melazas de caña de azúcar y con una tecnología tradicional y bastante conocida.

Sin embargo, un mercado clave es cubriendo la demanda de industrias y transporte que dañan al medio ambiente, pudiendo llegar a nuevos mercados satisfaciendo la

necesidad ofreciendo un combustible limpio; y de esta manera cubrir la demanda requerida por el consumidor.

## **5.2.- Estrategias**

Para mejorar las condiciones de producción de bioetanol en México se requiere hacer una inversión tanto en investigación y desarrollo como en el mejoramiento de la tecnología, para lograr competir a nivel mundial con los productos similares a un precio considerable.

La producción de bioetanol diferenciada representa una oportunidad de desarrollo tecnológico y comercial derivado de la situación de preferencias de consumo, así como ventajas económicas y ambientales.

Además resultarían conveniente los convenios que pueden ser con fines de desarrollo tecnológico y con algunos centros de investigación que se enfoquen a la extracción de ciertos componentes derivados del bioetanol. Por otro lado, el gobierno debe desarrollar programas para la ejecución, producción, promoción, difusión y comercialización de proyectos con tecnologías alternativas.

De esta manera encontrar nuevos mercados que buscan alternativas de producción de bioetanol pudiese ser estudiada desde un punto de vista económico, ambiental y social, ya que el biocombustible cuenta con grandes ventajas que benefician al sector transporte para la reducción de los gases de efecto invernadero.

## **5.3.- Proyecto**

En el proyecto se pretende producir y comercializar el bioetanol de alta calidad, de gran composición y cualidades benéficas para el consumidor, impulsando la actividad económica.

La producción de bioetanol a partir de caña de azúcar es la demás bajo costo ya que cuenta con mayor rendimiento por hectárea utilizada siendo más competitiva que la producción a partir de maíz, sorgo, remolacha azucarera. La producción de caña es de

3, 205,536 (\$/Ton) con una inversión anual de \$31, 995,000.00 pesos lo que permite producir 39, 375,000 Ltrs de bioetanol a partir de caña propia, caña terceros y melaza.

Los datos del proyecto son de una empresa que pidió no se le mencione. Estos datos son verdaderos pero la fuente pidió reservar su nombre, con esta información los datos que maneja el proyecto son a partir del año 2011.

### **5.3.1.- Capital**

Para fijar el capital del proyecto se deben considerar los costos de operación, materia prima, insumos, maquinaria, capital de trabajo. Conociendo que características posee se establece un capital aproximado de \$120, 526,458 millones de pesos.

### **5.3.2.- Maquinaria**

El proceso de fabricación de bioetanol, requiere nuevas tecnologías, principalmente con recurso de bioquímica y genética, procurando incrementar desempeño de procesos y valorizar materias primas de bajo costo, para obtener el alcohol etílico. De esa manera México podrá competir en el mercado de biocombustibles de primera generación.

En el cuadro No. 10, se sintetizan los costos de los equipos para la fabricación de bioetanol, para la materia prima con datos de cantidad, capacidad, n° de lotes, cantidad a procesar y las especificaciones del equipo. Mientras el proceso utilizado es la caña, es conocido y comercialmente bien desarrollado, otros procesos no presentan la misma madurez.



**Cuadro No. 10.- Costos de los equipos, 2011**

Equipo	Cantidad	Capacidad	No. de lotes al día	Cantidad a procesar por lote	Costos en pesos	Especificaciones
Lavadora	1	1500 kg de caña	6	1000 kg de caña	\$3,022,540	-Cilindro de lámina galvanizada. -Tolva
Ralladora	1	1500 kg de caña	6	1000 kg de caña	\$1,511,570	-Cilindro de madera
Reactor	1	2730 litros	6	2274 kgde masas rallada	\$58,654,030	-Chaqueta de calentamiento. -Impulsor tipo ancla. -Motor 7.5 Hp para sistema de agitación
Fermentador	6	8187 litros c/u	2	6822 kg de glucosa	\$1,136,318.57	-Tanque -Bomba -Enfriador -Sistema de control
Destilador	1	5100 litros	2	4248 kg de mosto	\$478,425,820	-Condensador -Tubería -Bomba -Sistema de control -Generador de vapor.
Generador de vapor	1	690 lb/h	6	-	\$9,240,884	
Motor transmisión de potencia	1	9 hp	6	-	\$2,115,778	

Fuente: SENER-GTZ-BID

Conociendo los costos de los equipos de la maquinaria para producir bioetanol a partir de caña, se necesita un capital de \$57, 950,056 pesos para invertir en maquinaria y equipo en el proyecto.

### 5.3.3.- Insumos

En los insumos se requiere varios elementos para la fabricación de bioetanol a partir de caña, es por eso que en el siguiente cuadro No. 11 muestra los insumos que se utilizan para producir bioetanol para usos industriales así como la unidad de medida y los costos de cada uno de ellos.

**Cuadro No. 11.- Costos de insumos para la producción de bioetanol, 2011**

Insumos	Cantidad	USA	Brasil	México
		(Louisiana)		
		Dólares		
Caña de Azúcar	12,000 kg	363.95	151.85	355.56
Transporte de Caña	12,000 kg	80.00	54.00	88.88
Agua	21,000 L	19.04	19.04	19.04
Acero inoxidable	3 kg	10.60	10.60	10.60
Acero	4 kg	10.60	10.60	10.60
Cemento	8 kg	10.60	10.60	10.60
Vapor	2,546,000 kcal	21.00	21.00	21.00
Electricidad	392 KWH	27.44	27.44	27.44
Deshidratación de alcohol	9 kcal/l	0.60	0.60	0.60
Tratamiento de efluentes	20 kg DBO*/	6.00	6.00	6.00
Total Etanol	Dólares	549.83	311.73	550.32
<b>Costo (Pesos/Litro)</b>		<b>7.69</b>	<b>4.21</b>	<b>7.43</b>

Fuente: UACH, 2011

Conociendo los elementos de los insumos que se necesita en el proyecto se requiere un costo de \$5,110.00 pesos para ser adquiridos y aplicarlo en la producción de bioetanol a través de caña.

### 5.3.4.- Materia Prima

La materia prima que se usa para producir bioetanol (alcohol etílico) en México es la caña de azúcar, ya que su cultivo y producción tiene un bajo costo por lo que se considera una materia prima económicamente viable, y alternativa que se refuerza tener en cuenta la larga experiencia que ha tenido el país con ese cultivo. No obstante,

eso no quiere decir que la caña es necesariamente la única opción para producir bioetanol, en un mediano plazo podrá desarrollar otras posibilidades.

En el cuadro No. 12 se muestra los costos de la materia prima de la caña dentro a través de caña propia, terceros y melaza, se puede apreciar que la mejor vía para producir bioetanol es directamente con melaza.

**Cuadro No. 12.-Costos de la materia prima a partir de caña de azúcar (\$ por litro),**

**2011**

<b>Materia Prima</b>	<b>Costo (\$/LT)</b>
Caña Propia	6.52
Caña Terceros	6.52
Melaza	8.90
<b>Total</b>	<b>21.94</b>

Fuente: SAGARPA-SENER

**5.3.5.- ¿A quién se venderá el alcohol y el bioetanol?**

Los productos que serán ofertados son el alcohol etílico y bioetanol. El primero como disolvente de algunos productos medicinales, cosméticas y en la elaboración de bebidas y el segundo como biocombustible para el transporte; centrado la atención de los clientes, en el beneficio que obtienen con la adquisición de dicho alcohol y biocombustible.

El alcohol podrá ser adquirido por industrias como la cosmética, farmacéutica, que pretenda prevenir alguna en sus funciones, como el mejoramiento de algunos perfumes y medicamentos, elaboración de spray, gel para el cabello, insecticidas, pinturas, etcétera., mientras el bioetanol será adquirido por PEMEX como bioetanol anhidrido, se caracteriza por tener bajo contenido de agua y ser compatible para mezclar con gasolinas en cualquier proporción para producir un combustible oxigenado con mejores características; sin embargo no limita a ningún otro consumidor en adquirirlos solo para mejorar, ya que el alcohol y el bioetanol son altos en componentes que favorecen su uso; por lo tanto la segmentación es abierta.

La forma como se procesa, es viable y económica, el alcohol y el bioetanol prácticamente se venden por si solos, pues sus aspectos físicos son atractivos para

los consumidores. En el caso de las bebidas, se hace la fermentación, vertiéndolo en cacerolas grandes, a fuego lento dejándolo hervir hasta adquirir la consistencia adecuada; por otra parte el alcohol y el bioetanol será obtenido de la caña de azúcar que es atractiva para su venta.

Los residuos y desperdicios del bioetanol obtenidos a través de la caña, serán aprovechados para otro proceso de transformación. Estos residuos o desperdicios se re-utiliza para volver crear el mismo círculo virtuoso.

#### **5.4.- Misión y Visión**

##### **Misión**

“Proveer a clientes con un producto de alta calidad bajo el compromiso de mejorar continuamente en las operaciones y servicios, dirigidos hacia la sustentabilidad de los recursos agrícolas y el desarrollo humano, con una actitud honesta y positiva”.

##### **Visión**

“Ser un país líder en la producción de alcohol y bioetanol, innovando y comercializando mejoras en la industria farmacéutica y cosmética, dentro de un entorno productivo respetuoso del medio ambiente y enfocado al servicio del hombre”.

#### **5.5.- Objetivos Organizacionales**

- Consolidar una marca y distinción durante el primer año.
- Impulsar el interés de productores de alcohol y bioetanol para poder cubrir futuros mercados.
- Ampliar mercado con la exportación de dichos productos.

#### **5.6.- Análisis FODA**

El análisis FODA permite conocer las capacidades de poder ejecutar el proyecto a través de sus fortalezas y debilidades las cuales pueden ser controladas; por otra

parte, las oportunidades y amenazas que son variables externas no pueden ser controladas pero sí observadas para un mejoramiento continuo.

<p style="text-align: center;"><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con recursos agrícolas adecuados para la producción de alcohol y bioetanol.</li> <li>• Se han realizado investigaciones para los rendimientos óptimos en la producción de alcohol y bioetanol.</li> <li>• Actualmente las instituciones de investigación pueden asegurar el mejoramiento de los usos que se requiere.</li> <li>• México está en condiciones de producir alcohol de buena calidad.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A pesar de ser alcohol y un biocombustible de cuidado, ha sido abandonado por la falta de mercado.</li> <li>• No todos los pequeños productores tienen acceso al financiamiento de costos de inversión.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir las nuevas tendencias de consumo.</li> <li>• Los consumidores están dispuestos a pagar precios aptos por los productos que contenga alcohol y bioetanol.</li> <li>• Dar conocer el alcohol y el bioetanol a través de conferencias y exposiciones con el fin de llegar a otros países.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los países competidores pueden optar por mejorar su producto e incorporarse al mercado.</li> <li>• El alcohol y el bioetanol puede ser sustituido por suplementos u otros alcoholes con propiedades similares.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## **5.7.- Competencia**

Es de suma importancia conocer la competencia del producto el bioetanol o alcohol etílico y aunque es un producto que existe en el mercado su principal competencia es el MTBE(Metilterbutil éter) un oxigenante que puede ser mezclado en la gasolina y usarse en los vehículos como combustible, pero el precio, consumo y la demanda compiten con el precio del bioetanol dentro del mercado.

## **5.8.- Permisos que se debe cubrir por Ley**

Todo proyecto debe cubrir permisos y/o requisitos por ley, deben ser adquiridos para el correcto funcionamiento.

Los permisos que deben cubrir este proyecto son:

- Permisos de apertura. Licencia de funcionamiento
- Permisos de uso de suelo agrícola.
- Permisos de apertura ante la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Normas de requerimientos de calidad para en el proceso de transformación:

- NOM-142-SSA1-1995, Bienes y servicios-Bebidas alcohólicas-Especificaciones sanitarias - Etiquetado sanitario y comercial: Tiene como objetivo establecer las especificaciones sanitarias y disposiciones de etiquetado sanitario y comercial de las bebidas alcohólicas que se comercialicen en el país. Esta norma obliga a las personas físicas y morales que se dedican al proceso o importación de bebidas alcohólicas y quedan exceptuados los productos para la exportación.
- NMX-V-006-SCFI-2005, Bebidas alcohólicas-Tequila-Especificaciones: Esta norma establece las características y especificaciones que debe cumplir todos los integrantes de la cadena productiva, industrial y comercial de las bebidas alcohólicas y tequila.

- NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios: Establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que deben observarse en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimentación y sus materias primas a fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso. Esta norma obliga a las personas físicas y morales que se dedican al proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, destinados a los consumidores en el país.

Lo que se espera de este proyecto es que al conocer las estrategias, ventajas y beneficios que se pueden obtener del alcohol y bioetanol, sea aprovechada por el mercado y optimizar ganancias desde el productor hasta el consumidor.

### **5.9.- Fuentes de Financiamiento**

El costo del proyecto abarca desde el costo de caña hasta el mantenimiento de la planta, considerándolo un vivero para expandir futuras producciones. Para la iniciación del proyecto se debe realizar una inversión, una parte de la inversión inicial será requerida por medio de gestiones en los programas que promueve el gobierno, algunos como FOCIR (Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural) o FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido) y apoyos de SAGARPA, los cuales son los que proveer de recursos financieros para el impulso o expansión de las microempresas. En algún momento se va requerir de la inversión privada o subsidios para poner en marcha el proyecto.

Dicha gestión sólo cubrirá una parte pues el resto será la disponibilidad de la planta, implementado producciones especializadas en bioetanol y no en otro tipo de alcohol que al momento pudiesen ser más rentables. El costo de la inversión inicial para establecer dicho proyecto en la producción de alcohol y bioetanol especializados con superficie de una hectárea debe considerar los instrumentos para su transformación, como son las pipas foráneas, energía eléctrica, insumos, seguros, equipos de oficina, mantenimiento, pago de servicios, etcétera; dichos que reimpulsaran la organización y comercialización del mismo.

## CONCLUSIONES

Para mejorar la toma de decisiones de inversión, en el caso del bioetanol a partir de caña de azúcar de dicha empresa, las opciones reales junto con la evaluación tradicional, presentan grandes ventajas para mejorar la certidumbre en dichas inversiones irreversibles y por lo tanto mejoran sustancialmente la toma de decisiones en la implementación de proyectos de inversión con riesgo en la agricultura.

Al dar conocer los biocombustibles y la importancia que tiene para el mejoramiento del sector transporte, sobre todo en los gases de efecto invernadero, se estudió el bioetanol, ya que este producto proporciona beneficios para tal sector y para el mejoramiento en otros problemas.

El bioetanol tiene un potencial derivado de la caña y se demostró que tiene la capacidad para ser considerada como un biocombustible.

El proponer una red de valor para el bioetanol permite la integración de varios actores, enfocados a un mismo fin, esto es la satisfacción del consumidor al ser beneficiado, por lo que es factible iniciar la organización del mismo.

Las opciones reales como metodología para la evaluación de proyectos de inversión, no desplaza a la teoría de evaluación de proyectos tradicional, sino son complementarias ya que al usarlas se necesita la información de los indicadores financieros tradicionales.

La teoría de las opciones reales para este caso es importante, ya que toma en cuenta la disminución de la incertidumbre al incluir en su análisis las variables como contratos de compra-venta y la cobertura de precios, así como la diferenciación del producto, en este caso la venta de bioetanol especializado para la industria cañera.

Los resultados obtenidos indican que el proyecto de inversión evaluado con una tasa mínima de 5% es viable con una VAN de 14, 318,127.65, la TIR de 9.39% y una relación beneficio-costos de 2.17%. Para la certidumbre se tiene un valor de la opción de expansión y salida de 21, 456,676.91, esto es aplicando la opción, lo que nos indica



que es conveniente en unos años ampliar la producción de bioetanol. Se recomienda la inversión con la compra de una opción de salida.

Se elabora un plan de negocios para considerar puntos importantes, como el dar a conocer el panorama al proyecto, análisis de mercado, estrategias a seguir, la comercialización, visión y misión, objetivos organizacionales, permisos regulatorio y un análisis de financiamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amram, M. and N. Kulatilaka. 1999. Real Options Managing Strategic Investment in an Uncertain World. Harvard Business School Press. Boston Massachusetts. pp. 220-229.
- Álvarez C., M. 2009. Biocombustibles: Desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. Revista Económica Informa Núm. 359. Julio-Agosto 2009. México D.F. pp. 63-89.
- ASERCA, 2006. Manual de estilo de publicaciones de la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. Los interrogantes de los biocombustibles. Segunda edición. Adaptado al español por la editorial Claridades Agropecuarias. México D.F.
- Asociación de Combustibles Renovables (ACR). 2008. Biocombustibles, Oportunidades y Retos. Diciembre 2008. [http://ceur.usac.edu.gt/Biocombustibles/79\\_Oportunidades\\_y\\_retos\\_26.pdf](http://ceur.usac.edu.gt/Biocombustibles/79_Oportunidades_y_retos_26.pdf)
- Brambila J., J. 2011a. Bioeconomía: Conceptos y Fundamentos. Editorial SAGARPA/COLPOS. Chapingo, México
- Brambila J., J. 2011b. Bioeconomía: Instrumentos para su análisis económico. Editorial SAGARPA/COLPOS. Chapingo, México.
- Brach M. 2003. Real Options in Practice. John Willey and Sons, New York. pp. 1-66.
- Barrientos V., A. 2008. Instalación de una Planta Industrial de Ácido láctico a partir de melaza. Tesis. Lambayeque Perú.
- Biocarburantes maganize. 2008. Miscibilidad de alcohol etílico, gasolina e agua. VII Simposio de engennerie automotiva. Sao Paulo, Brasil.
- Bovet D., y J. Martha. 2001. Redes de Valor como diferencial competitivo para el uso de tecnología e información en cadenas de valor. Sao Paulo, Brasil.

- Becker G., S. 1976. Altruism, egoism and genetic fitness: Economics and sociobiology. *Agronomy Journal* 14: 817-821.
- Brown L., R. 2008. Porque la producción de etanol conducirá a la alimentación mundial a precios aún más altos. Willey. Interscience. New York, USA.
- Collins K. 2006. Industria Alimentaria vs Biocombustibles. Editorial Claridades Agropecuarias. Septiembre 25. pp. 8. México D.F.
- Coello C., J. 2005. Situación de los Biocombustibles en el México. *Agrociencia* 22: 18-24
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2010. La economía del cambio climático en Centroamérica. Diciembre 2010. Departamento de energía. <http://www.cepal.org.mx/cambioclimatico>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2008a. Especificaciones de la calidad del etanol carburantes y del gasohol y normas técnicas para la infraestructura. Segunda edición. Adaptado al español por la editorial El Manual Moderno. México D.F.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2008b. Utilización del bioetanol para apoyar el desarrollo sustentable de América Central. Mayo 2008. Departamento de energía. <http://www.cepal.org.mx/desarrollosustentable>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2011. Implicaciones del desarrollo de los biocombustibles para la gestión y el aprovechamiento del agua. Noviembre 2011. Departamento de energía. [http://www.mag.gov.py/externas/Biocombustibles%20y%20uso%20del%20agua%202011.p  
df](http://www.mag.gov.py/externas/Biocombustibles%20y%20uso%20del%20agua%202011.pdf)
- Colangelo L. 2002. La evaluación de las redes de valor integradas: un reto a la capacidad de gestión. *Turrialba* 16: 3-20.

- Colin C., W. 1973. Mathematical Bioeconomics: The Optional Management of Renewable Resources. Willey. Interscience. New York, USA.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU. 1987.
- Donovan J., A. 2006. Cadena de Valor como Estrategia para el Desarrollo de ECO-PYME en América Tropical. en: CATIE (ed.): Memorias de la Semana Científica 2006. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 17 p.
- Dufey A. 2006. Biofuels production, trade and sustainable markets. Sustainable Markets Discussion paper No. 2. International Institute for Environment and Development, London. pp. 1-56.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2005a. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades. Abril 2005. Departamento de Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-i0100s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2006. Implicaciones del comercio internacional de bioetanol de caña para la seguridad alimentaria en Centroamérica: Oportunidades y retos ante el Acuerdo de Asociación con la Unión Europea. Agosto 2006. Departamento de Agricultura. <http://www.fao.org/docrep/019/as130s/as130s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2008a. Bioenergía. Editorial Claridades Agropecuarias, No. 159. Agosto 10. pp. 55-57.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2008b. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades. Editorial Claridades Agropecuarias. Enero 22. pp. 34-36.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2012. Perspectivas Agrícolas 2013-2022. Septiembre 2012. Departamento de Agricultura. <http://www.fao.org/docrep/018/i3307s/i3307s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2008c. La Bioenergía y los Biocombustibles. Julio 2008. Departamento de Agricultura. <http://www.fao.org/bioenergy>
- Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI). 2010a. Engineering fundamentals of the internal combustion engine. Wisconsin: Prentice Hall.
- Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI). 2010b. Impuestos de biocombustibles, los subsidios y mandatos: Impactos en los Estados Unidos y los mercados brasileños. Mayo 2010. <http://www.fapri.iastate.edu>
- Guerra L., M. 1989. Impactos Ecológicos y Económicos del Cambio de Combustibles en México. Fundación Friedrich Ebert, 163 p.
- González A., M. 2009. Producción de bioenergía en el Norte de México. Tan lejos y tan cerca". Editorial Frontera Norte. Vol.21. Núm. 41, México. 55 p.
- Gómez C., S. 2008. Producción de Alcohol Etilico a partir de Mucilago de Café. Editorial Claridades Agropecuarias. Abril 12. pp. 28-32.
- García M., R. 2009. Teoría del mercado de productos agrícolas. ISEI. Economía. Colegio de Postgraduados. México. 1ª Edición. 378 p.
- Graham J., and C. Harvey. 2001. The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field. Journal of Financial Economics n° 60. pp. 187-243.
- Guevara F., D. 2006. Metodología para estimar la curva de destilación de un gasóleo. Centro de Investigación de Procesos. Universidad Nacional Experimental Politécnica, Venezuela.

- Hazell P., and R. K. Pachauri. 2006. Bioenergy and agriculture: promises and challenges”. IFPRI. Washington, DC. Vol. 2020. pp. 120-132.
- Intermediate Technology Development Group (ITDG). 2008. Compendio Estadístico 2000-2008. Estadístico. Reino Unido. <http://www.itdg.org>.
- Mascareñas J., S. 2007. Opciones Reales en la Valoración de Proyectos de Inversión. Monografías de Juan Mascareñas sobre finanzas corporativas. Universidad Complutense de Madrid, España. 36 p.
- Montoya, Y. 2006. Estudio de Impacto Ambiental EIA Proyecto Agroindustrial de Producción de Etanol Automotor. Genética 4: 85.
- Meráz A., M. y M. A. Gómez C. 2009. Etanol en México, Producción y comercialización en el contexto internacional”, CIESTAAM. 40 p.
- Mustieles, A. 2009. Proponen producir Bioetanol a base de caña”. Presentación del Grupo Desarrollador Morelos. Junio 2010. 23 p.
- Martínez, J. 1985. Bioeconomía. Tesis doctoral de la Universidad de Málaga, España. 56 p.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). 2010. The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda. Enero 2010. <http://www.grupobiotecnologia.com.ar/detalle-de-la-ocde-y-la-bioeconomia>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2009. Trabajando unidos para establecer un Marco Mundial para los Servicios Climáticos. Edit. United Nations. Mayo 2009. pp. 110-119.
- Pérez, G. 2007. Producción de etanol anhidro en ingenios azucareros. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE). pp. 5-10.

- Porter, M. 2006. The Economic Performance of Regions. Regional Studies. Vol. 37. University of Alaska Fairbanks. <http://www.regional-studies-assoc.ac.uk>
- Pietrobelli, C., and R. Rabelotti L. 2005. Upgrading in Clusters and Value Chains in Latin America: The Role of Policies. Sustainable Development Department, Inter-American Development Bank. Washington D.C., Best Practices Series. 150 p.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2013. La Evaluación Ambiental Estratégica: Una guía de buenas prácticas. VI Simposio de ingeniería automotiva.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2002. GEO América Latina y el Caribe: Perspectivas del Medio Ambiente. <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEO%20ALC%202002-espanol.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), 200a. Análisis Integrado de las tecnologías, el ciclo de vida y la sustentabilidad de las opciones y escenarios para el aprovechamiento de la bioenergía en México. Agosto 2010. pp. 70-75.
- Secretaría de Energía (SENER). 2006a. Potenciales y Viabilidad del Uso del Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México. México D.F. [http://www.sener.gob.mx/res/169/etanol\\_anhidrido.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/169/etanol_anhidrido.pdf)
- Secretaría de Energía (SENER). 2007b. Bioenergéticos en México. México D.F. [http://www.sener.gob.mx/portal/Default\\_Intermedia.aspx?id=2538](http://www.sener.gob.mx/portal/Default_Intermedia.aspx?id=2538)
- Secretaría de Energía (SENER). 2009c. Análisis y Propuesta para la introducción de etanol anhidro en las gasolinas que comercializa PEMEX. México D.F. <http://www.sener.gob.mx/res/Renovables/ANALISIS%20Y%20PROPUESTA%20ETANOL%20ANHIDRO%20EN%20LAS%20GASOL.pdf>

- Secretaría de Energía (SENER). 2010d. Prospectiva de Energías Renovables 2010-2026. México D.F. [http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2010/PER\\_2010-2026.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2010/PER_2010-2026.pdf)
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2007. Situación actual y perspectivas de la caña en México 1996-2012. México. <http://www.siap.gob.mx>
- Sapag R., C. 2003. Preparación y Evaluación de Proyectos. Tercera edición. McGrawHill. México D.F. Noviembre 2003. 272 p.
- Suárez R., y R., Morín R. 2005. Caña de azúcar y sostenibilidad: Enfoques y experiencias cubanas. Desarrollo Alternativo A. C (DESAL).
- Sánchez O., y C., Cardona. 2008. Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. Bioresource Technology. New York USA. pp. 30-45.
- Suárez, A. 2006. Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa. Pirámide. Madrid. (2a edición). 98 p.
- Secretaría de Energía (SENER). 2009. Programa de Introducción de Etanol Anhidro. México. [http://beta.energia.gob.mx/res/169/etanol\\_anhidro.pdf](http://beta.energia.gob.mx/res/169/etanol_anhidro.pdf)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006. Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México. México. [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/Biocombustibles\\_en\\_Mexico\\_Estudio\\_Completo.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Biocombustibles_en_Mexico_Estudio_Completo.pdf)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico. México. [http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/PROINBIOS\\_20091013.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/PROINBIOS_20091013.pdf)
- Secretaría de Economía (SE). 2011. Análisis de la Situación Económica, Tecnológica y de Política Comercial del Sector Edulcorantes en México. México.



[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/Analisis\\_Sectorial\\_Mercado\\_Edulcorantes.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf)

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020. México. [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios\\_economicos/escenariobase/perspectivalp\\_11-20.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf)
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 2011. Producción de biocombustibles de primera generación. México D.F. [http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/wp-content/uploads/2011/09/IMPRESIONABLE\\_Combustibles2G.pdf](http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/wp-content/uploads/2011/09/IMPRESIONABLE_Combustibles2G.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1.- Precios Nominales y Reales de Bioetanol

<b>AÑO</b>	<b>PRECIO NOMINAL DE ETANOL (\$/L)</b>	<b>PRECIO REAL DE ETANOL (\$/L)</b>	<b>TASA CONTINUA</b>
2000	2.710	4.4	
2001	2.710	4.4	0
2002	2.317	3.4	-0.257829109
2003	3.044	4.2	0.211309094
2004	4.027	5.3	0.232622295
2005	4.209	5.4	0.018692133
2006	4.971	6.1	0.121889818
2007	4.489	5.3	-0.140581951
2008	5.176	5.8	0.090151097
2009	5.933	6.3	0.082691716
2010	7.354	7.5	0.174353387
2011	8.001	7.9	0.051959739

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y BANXICO

<b>PROMEDIO</b>	<b>5.5</b>	<b>0.0532</b>
<b>VARIANZA</b>	<b>1.7691</b>	<b>0.0217</b>
<b>DES. ESTANDAR</b>	<b>1.3301</b>	<b>0.1474</b>

## Anexo 2.- Exportaciones e Importaciones de Bioetanol (Valores en Dólares y Litros)

EXPORTACIONES	2011		2010		2009		2008		2007	
	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen
Haití	5,651,359	4,170,745	0	0	0	0	0	0	0	0
Canadá	4,604,140	3,673,959	1,802,976	2,448,232	1,439,372	2,367,564	1,445,964	2,593,489	2,196,096	3,320,759
Puerto Rico	2,239,300	3,500,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Estados Unidos de America	638,189	676,141	1,417,328	2,794,891	394,972	526,847	1,509,206	2,650,334	653,897	717,796
Guatemala	158,473	21,955	163,888	23,099	168,016	124,335	424,586	210,491	382,682	254,368
Resto del mundo	45,644	36,831	930,300	1,071,019	147,601	94,276	4,826,536	12,325,173	1,398,276	2,961,194

Fuente: SIAVI, Secretaría de Economía, 2011

IMPORTACIONES	2011		2010		2009		2008		2007	
	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen
Estados Unidos de América	96,380,592	128,002,398	48,024,750	78,742,745	10,386,874	15,361,907	9,956,857	12,684,869	7,487,239	10,348,156
Cuba	2,306,153	6,988,344	1,362,439	4,122,332	2,105,666	4,363,437	2,925,607	6,309,188	0	0
Australia	1,913,639	1,033,180	3,082,508	1,990,265	2,671,277	1,918,080	0	0	0	0
Brasil	1,361,021	4,053,799	24,103,075	39,917,988	45,669,530	83,066,338	15,808,630	33,858,812	19,166,622	41,271,860
Guatemala	666,335	1,252,486	6,393,897	20,838,721	6,146,601	18,176,373	2,580,047	5,333,361	0	0
Resto del mundo	881,516	444,465	372,062	219,728	2,376,886	5,529,394	2,244,149	1,370,577	2,689,766	2,944,359

Fuente: SIAVI, Secretaría de Economía, 2011

### Anexo 3.- Principales Países Productores de Bioetanol

<b>PAÍS</b>	<b>2006-2008</b>
Brasil	12707
Estados Unidos	12654
China	2985
India	1413
Francia	710
Alemania	387
Rusia	567
Canadá	275
España	294
Sudáfrica	315
Tailandia	246
Reino Unido	272
Ucrania	202
Polonia	177
Arabia Saudita	163
<b>Producción Mundial Total</b>	<b>3640</b>

Fuente: CEPAL 2008

## Anexo 4.- Determinación de los ingresos

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>Producción</b>										
DE CAÑA PROPIA	600,000	12,412,500	19,537,500	21,300,000	22,162,500	22,162,500	22,162,500	22,162,500	22,162,500	22,162,500
DE CAÑA TERCEROS	13,237,500	16,612,500	9,487,500	7,725,000	6,862,500	6,862,500	6,862,500	6,862,500	6,862,500	6,862,500
DE MELAZA	18,675,000	10,350,000	10,350,000	10,350,000	10,350,000	10,350,000	10,350,000	10,350,000	10,350,000	10,350,000
ENERGIA	5,760,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000
<b>INGRESOS</b>										
Precio Etanol										
DE CAÑA PROPIA	3,300,000	68,268,750	117,150,000	121,893,750	121,893,750	121,893,750	121,893,750	121,893,750	121,893,750	121,893,750
DE CAÑA TERCEROS	72,806,250	91,368,750	42,487,500	37,743,750	37,743,750	37,743,750	37,743,750	37,743,750	37,743,750	37,743,750
DE MELAZA	192,993,750	56,925,000	56,925,000	56,925,000	56,925,000	56,925,000	56,925,000	56,925,000	56,925,000	56,925,000
ENERGIA	6,912,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000
TOTAL	276,012,000	230,386,500	230,386,500	230,386,500	230,386,500	230,386,500	230,386,500	230,386,500	230,386,500	230,386,500

Fuente: Elaboración propia

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>Producción</b>										
DE CAÑA PROPIA	900,000	18,618,750	29,306,250	31,950,000	33,243,750	33,243,750	33,243,750	33,243,750	33,243,750	33,243,750
DE CAÑA TERCEROS	30,150,000	24,918,750	14,231,250	11,587,500	10,293,750	10,293,750	10,293,750	10,293,750	10,293,750	10,293,750
DE MELAZA	28,012,500	15,525,000	15,525,000	15,525,000	15,525,000	15,525,000	15,525,000	15,525,000	15,525,000	15,525,000
ENERGIA	5,760,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000	11,520,000
<b>INGRESOS</b>										
Precio Etanol										
DE CAÑA PROPIA	6,255,000	129,400,313	203,678,438	222,052,500	231,044,063	231,044,063	231,044,063	231,044,063	231,044,063	231,044,063
DE CAÑA TERCEROS	209,542,500	173,185,313	98,907,188	80,533,125	71,541,563	71,541,563	71,541,563	71,541,563	71,541,563	71,541,563
DE MELAZA	303,927,188	107,898,750	107,898,750	107,898,750	107,898,750	107,898,750	107,898,750	107,898,750	107,898,750	107,898,750
ENERGIA	6,912,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000	13,824,000
TOTAL	526,636,688	424,308,375	424,308,375	424,308,375	424,308,375	424,308,375	424,308,375	424,308,375	424,308,375	424,308,375

Fuente: Elaboración propia