

**Valoración de la flexibilidad etanol-azúcar
con base a opciones reales y dominación
estocástica en Honduras**

Gabriel García Gómez

Zamorano, Honduras

Diciembre; 2009

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

Valoración de la flexibilidad etanol-azúcar con base a opciones reales y dominación estocástica en Honduras

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Gabriel García Gómez

Zamorano, Honduras

Diciembre; 2009

Valoración de la flexibilidad etanol-azúcar con base a opciones reales y dominación estocástica en Honduras

Presentado por:

Gabriel García Gómez

Aprobado:

Ernesto Gallo, M.Sc. M.B.A.
Asesor principal

Ernesto Gallo, M.Sc. M.B.A.
Director
Carrera de Administración de
Agronegocios

Norman Flores, M.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

García, G. 2009. Valoración de la flexibilidad etanol-azúcar con base a opciones reales y dominación estocástica en Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

El mercado de biocombustibles está creciendo debido a las normas que implementan los gobiernos de países como Estados Unidos y la Unión Europea para mezclar gasolina con combustibles renovables. Uno de estos es el etanol que se produce a partir de caña de azúcar y que es una alternativa para los productores azucareros en Honduras. El objetivo del estudio fue evaluar tres alternativas de producción para el sector azucarero de Honduras. La primera alternativa fue la producción de azúcar, se analizaron los precios históricos de azúcar de la Bolsa de Valores de Nueva York (NYBOT, por sus siglas en inglés) en el periodo de 2005-2009, se realizó un análisis estadístico de esta información y se obtuvo una curva de distribución acumulada de probabilidades de los Valores Económicos Agregados (EVA, por sus siglas en inglés) que generó esta alternativa. La segunda alternativa fue la producción de etanol, se evaluó los precios históricos de la Bolsa de Chicago (CBOT, por sus siglas en inglés). La tercera alternativa fue la producción de etanol-azúcar que nos permite la flexibilidad de producir el bien que tiene mejor precio en el mercado. Se compararon las tres distribuciones probabilísticas acumuladas, para obtener la alternativa más preferida a través de un análisis de dominación estocástica de primer grado. Para esto se utilizó el programa de Simulación y Análisis de Riesgo “@RISK”. Se determinó que la alternativa de producción de etanol es la más rentable en términos de la distribución probabilística de su EVA y la alternativa menos rentable es la producción de azúcar.

Palabras clave: alternativas, biocombustible, curva de distribución probabilística, riesgo, simulación, valor económico agregado.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| Portadilla..... | i |
| Página de firmas..... | ii |
| Resumen | iii |
| Contenido | iv |
| Índice de cuadros, figuras y anexos | v |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 6 |
| 3. METODOLOGÍA | 8 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 14 |
| 5. CONCLUSIONES | 22 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 23 |
| 7. LITERATURA CITADA | 24 |
| 8. ANEXOS | 25 |

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

| | |
|--|----|
| 1. Inversión marginal para proyecto etanol | 10 |
| 2. Inversión marginal para proyecto azúcar..... | 11 |
| 3. Inversión marginal para proyecto azúcar-etanol..... | 12 |
| 4. Análisis estadístico de los precios de azúcar 2005- 2009..... | 15 |
| 5. Análisis estadístico de los precios de etanol 2005-2009..... | 16 |
| 6. Cálculo de EVA del proyecto etanol..... | 17 |
| 7. Cálculo de EVA del proyecto azúcar..... | 19 |
| 8. Cálculo de EVA del proyecto azúcar-etanol..... | 20 |
| 9. Distribución probabilística de las tres alternativas..... | 20 |

Figura

| | |
|---|----|
| 1. Producción Mundial de etanol 2004-2007..... | 2 |
| 2. Esquema de proyecto azúcar y su distribución de EVA..... | 11 |
| 3. Esquema de proyecto etanol y su distribución de EVA..... | 12 |
| 4. Esquema de proyecto azúcar-etanol y generación de EVA..... | 13 |
| 5. Precios y volúmenes históricos de etanol..... | 14 |
| 6. Precios históricos de azúcar..... | 15 |
| 7. Diagrama de Dispersión precios de etanol y azúcar..... | 16 |
| 8. Distribución de los precios históricos de etanol periodo 2005-2009..... | 17 |
| 9. Distribución acumulada de probabilidad de EVAs proyecto de inversión etanol..... | 18 |
| 10. Distribución de los precios de azúcar periodo 2005-2009..... | 18 |
| 11. Distribución acumulada de probabilidad de EVAs proyecto en azúcar..... | 19 |
| 12. Distribución acumulada de probabilidades de EVAs proyecto azúcar-etanol..... | 20 |
| 13. Distribución acumulada de probabilidades de EVAs comparación..... | 21 |

Anexo

| | |
|---|----|
| 1. Productividad agrícola de empresas azucarera en Centroamérica..... | 25 |
|---|----|

2. Capacidades actuales de un ingenio azucarero por hectárea CA.25

1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar se ha sembrado en la región por décadas, y los rendimientos por hectárea de las cosechas en algunos países de Centroamérica incluso exceden las de Brasil. Los países centroamericanos tienen la oportunidad de aprovechar la inversión local y extranjera junto a los conocimientos técnicos importados desde Brasil para desarrollar esta industria.

Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo el 2008 (BID), la región centroamericana es el noveno mayor productor de etanol del mundo, con una producción anual que asciende a los 280.1 millones de litros en 2006 (Figura1). Debido al precio competitivo que sigue teniendo el azúcar tanto en los mercados nacionales como en el internacional (\$0,48 y \$0,31/Kg respectivamente), sólo se utiliza la melaza para la producción del etanol de caña. Por otra parte, la región también deshidrata el etanol brasileño para su exportación a los Estados Unidos, sin que se le aplique el arancel de \$0,14/litro vigente. Como resultado, El Salvador fue el tercer mayor exportador de etanol a los Estados Unidos, con 276.3 millones de litros exportados en 2007, y Costa Rica fue el quinto con una exportación de 147.6 millones de litros ese mismo año.

La producción de caña de azúcar de la mayoría de los países centroamericanos excede las 80 Tm/Ha, y en el caso de Guatemala, Nicaragua y varias empresas en los otros países, está cerca o supera las 100 Tm/Ha. Esto significa que desde el punto de vista agrícola los países son muy competitivos con el Brasil, como país de referencia promediando unas 79 Tm/Ha. Guatemala y Nicaragua tienen suficiente producción de caña para poder suplir la demanda de E10 (mezcla 10% etanol, 90% gasolina) fácilmente. El Salvador y Honduras pueden lograrlo con una inversión moderada. Costa Rica y República Dominicana requieren de mayor inversión especialmente agrícola.

El gran mercado europeo y el mercado estadounidense impulsados por políticas de mezclado obligatorio del etanol con gasolina, seguirán favoreciendo el incremento de la demanda en un futuro cercano. Los Estados Unidos y Europa no están en condiciones de satisfacer sus necesidades de etanol a través de su producción nacional, simplemente debido a la falta de materias primas, tierra y al dilema que enfrentan respecto de su producción: destinarla a la fabricación de combustible o consumirla como alimento.

Actualmente el sector azucarero de Honduras está formado por siete ingenios. Cuenta aproximadamente con 45,500 hectáreas de caña de las cuales el 49% pertenece a la industria y el 51% pertenece a los productores independientes. Estas 45,500 hectáreas producen más de 8 millones de quintales anualmente. 360,000 toneladas anualmente. El rubro emplea directamente a alrededor de 25,000 personas e indirectamente a más de 100,000 empleos.

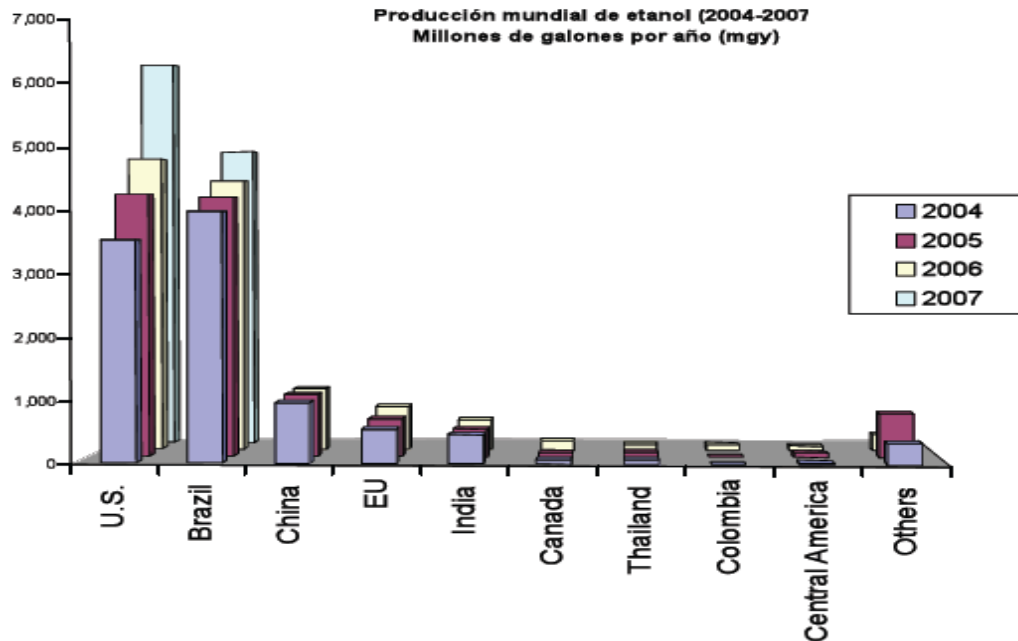


Figura 1. Producción Mundial de etanol 2004-2007.
Fuente: BID 2008.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los precios del azúcar en los mercados internacionales son difíciles de predecir. Los cambios en los mercados internacionales generan una alta dispersión en los precios del azúcar. Esta volatilidad en precios se ve reflejada en los resultados financieros de las empresas azucareras que no tienen una alternativa a la hora de confrontar los bajos precios del mercado internacional.

Los factores que influyen en el comportamiento de los precios y provocan fluctuaciones son varios. La especulación es el principal factor que influye directamente sobre la fluctuación de los precios. Otro de esos factores son los fenómenos climáticos que pueden reducir la productividad de los cultivos. Los precios también se ven afectados por bienes sustitutos, acrecentando la posibilidad de que los flujos esperados varíen.

Por esta razón los productores buscan modos de diversificar su producción. Una de estas es la producción de etanol a partir del jugo de la caña de azúcar. Para esto los productores deben hacer inversiones millonarias para tener la opción de producir etanol o azúcar. En Brasil las últimas inversiones se destinaron sólo para producir etanol, en la actualidad el 30% de los productores brasileños sólo puede producir etanol.

Desde inicios del año, el precio del azúcar en los mercados mundiales se ha duplicado hasta trepar a un máximo en casi 30 años. La Organización Internacional de Azúcar (ISO,

por sus siglas en inglés) señaló que hasta septiembre de 2010, la demanda global de azúcar excederá por cinco millones de toneladas métricas su nivel de producción.

Es posible que todos esos productores brasileros estén pensando en invertir en plantas cristalizadoras de azúcar. Sin embargo para cuando esto suceda es probable que los precios ya no estén tan atractivos como en la actualidad. La flexibilidad de poder producir etanol o azúcar y maximizar los beneficios implica una mayor inversión, pero la ganancia no está asegurada ya que el valor de la flexibilidad no ha sido evaluado todavía.

1.2 ANTECEDENTES

Brasil es el líder mundial de producción de etanol a partir de caña de azúcar en el mundo seguido, EEUU produce etanol a partir de maíz. Desde las década de los setenta la producción de caña azúcar para etanol en Brasil ha mantenido un acelerado crecimiento. Los productores azucareros del país carioca pueden producir azúcar y etanol. Esto les permite poder manejar el riesgo de una forma más eficaz. En el momento que el precio del azúcar es bajo se produce etanol y el momento que el precio del azúcar se recupera se produce nuevamente azúcar. Estos productores manejan diferentes porcentajes en la producción de azúcar y etanol, dependerá del precio de mercado y otros factores que influyen como es el precio del petróleo. Esto sirve a la industria azucarera de ese país poder jugar con la oferta y la demanda del azúcar así poder obtener mejores precios y maximizar sus beneficios. Por otra parte, existe un 30% de productores de caña de azúcar que sólo invirtieron para producir etanoles incentivados por los precios altos de este producto y por la demanda de fuentes energéticas renovables impulsados por políticas del gobierno del Brasil.

En Honduras la producción de etanol no se ha desarrollado. Los productores locales no ven incentivados a producir etanol debido a que los precios del azúcar en el país son altos, además de que producir etanol implica una gran inversión. En el país existe protección para el sector azucarero por parte del estado, debido a esto no se deja entrar azúcar de productores más eficientes en el área centroamericana. Esto ha creado un oligopolio del cual participan los siete ingenios azucareros. El mercado local esta dividido en cuotas para cada participante y sólo dejan para exportación los excedentes del mercado interno. El departamento de Olancho tiene un gran potencial para la producción de caña de azúcar destinada para la producción de azúcar, etanol, energía, etc. Un grupo empresarial nicaragüense tiene planes de producir etanol a partir de una producción de caña de azúcar de 100,000 hectáreas. Sin embargo este proyecto no ha sido materializado.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Honduras no posee recursos energéticos naturales por esta razón importa el 100% de su demanda de carburantes. Grandes cantidades de divisas son destinadas para la importación de combustibles para la movilidad de sus vehículos y para el funcionamiento de plantas eléctricas que dotan de energía a toda la población hondureña. Las políticas energéticas buscan que un porcentaje de las divisas se queden en el país a partir de la

producción bioenergética. Honduras tiene gran potencial para la producción de caña de azúcar destaca el hecho de que posee la mayor productividad por hectárea de centro América (100 TM/Ha). La caña de azúcar es el más eficiente productor de azúcar, de etanol y electricidad en el mundo. Sus altos índices de conversión calorífica hacen que el cultivo de la caña sea ideal para países que no poseen producción de petróleo.

Gran parte del déficit en la balanza de pagos de Honduras se debe a la importación de productos derivados del petróleo como son la gasolina y el diesel. Es necesario que se invierta en proyectos que puedan satisfacer las necesidades energéticas del país. La pregunta es, si vale la pena poder producir etanol, o una combinación de azúcar y etanol que permitan una flexibilidad en la producción.

La industria azucarera es susceptible a varios factores de riesgo que afectan sus precios. Una de estas es la demanda inelástica que hace que los precios varíen más que proporcionalmente a cambios en la oferta. Otra característica es que la producción de caña de azúcar es susceptible a cambios en los fenómenos climáticos lo cual genera grandes variaciones en oferta a lo largo de los años repercutiendo en una gran volatilidad en precios.

El lograr establecer un modelo probabilístico basado en precios históricos de los bienes es importante para evaluar el uso que se le puede dar a la caña de azúcar y las alternativas que puedan determinar cuál de ellas beneficia en mayor medida a los productores dada la inversión necesaria. El mejor uso estará en función de producir el bien que tenga un mayor precio en el mercado mundial, dada la inversión de planta que varía de acuerdo a cada opción real.

1.4 LÍMITES DEL ESTUDIO

El estudio se enfoca en la evaluación de alternativas “opciones reales” de producción a partir de caña de azúcar basado en datos históricos de precios de mercados internacionales de azúcar y etanol. El modelo evalúa cuatro alternativas: producción de azúcar, producción de etanol, producción etanol-azúcar. En este caso se toma en cuenta los precios cotizados en la Bolsa de Valores de Chicago para el etanol, y en la Bolsa de Valores de Nueva York para el azúcar.

El análisis de este estudio se realiza en el periodo comprendido entre Mayo de 2005 a Septiembre de 2009. Se determinó el periodo basado en el hecho de que el etanol se comenzó a cotizar en la bolsa de Chicago a partir de ese Mayo de 2005. El modelo servirá como una base para evaluar futuras inversiones en el sector azucarero en Honduras. Se puede aplicar el mismo modelo para evaluar estrategias de producción de otros productos agrícolas siempre y cuando existan bases de datos de precios y rendimientos por hectárea históricos y el comportamiento de estos a lo largo del tiempo.

1.5 OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio se centran en realizar un análisis del desempeño de tres opciones reales de producción utilizando los datos históricos en los precios del azúcar y etanol. Para identificar la estrategia que genere menor riesgo y mayores beneficios. Tomando en cuenta esto, los objetivos se estructuran de la siguiente manera:

1.5.1 Objetivo General

Identificar la alternativa de producción que se ajuste más eficientemente a las condiciones basado en los precios históricos de etanol y azúcar en los mercados mundiales.

1.5.2 Objetivos Específicos

Realizar un modelo probabilístico que nos permita hacer un análisis de riesgo para cada alternativa de producción.

Identificar un procedimiento para evaluar las alternativas de producción a partir de caña de azúcar.

Determinar la alternativa más favorable de producción a partir de caña de azúcar en términos de reducción de riesgo y valore económico agregado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL SECTOR AZUCARERO MUNDIAL

El azúcar en el mundo se produce de dos fuentes principales: la caña de azúcar, en países tropicales, y la remolacha en los países más fríos. Actualmente la miel de maíz de alta fructosa y productos artificiales y sin calorías, han entrado a competir en el mercado de edulcorantes. El negocio mundial del azúcar está lejos de operar en un libre mercado; los países desarrollados protegen a su producción nacional con un complicado sistema de cuotas y aranceles; los países menos desarrollados, basados en esta realidad, también protegen a sus productores con el resultado de que el precio local pagado por los consumidores en el mundo es varias veces superior al precio observado en el comercio internacional de commodities que se cotizan en las bolsas internacionales de productos (Gallo,2009).

Las estadísticas de la FAO señalan que el principal productor mundial de azúcar en el mundo es Brasil, país que cultiva seis millones de hectáreas de caña, India y China son grandes productores. Entre los países tradicionalmente productores los de mayor productividad de caña por áreas de producción que reportan productividades por hectárea superiores a los 110 T por Ha. Rusia, Francia y Alemania son los principales productores de azúcar de remolacha.

Según reportes de la FAO, aunque en el 2007 los precios del azúcar habían bajado con respecto al año anterior, el año 2008 mostro un ligero repunte, al igual que todos los commodities en el mundo. La producción mundial y los inventarios seguían creciendo y el comercio declinando. El azúcar era vendido en el mercado libre bajo el llamado Contrato N11. Existe otro precio de venta del azúcar para las cuotas que los países ricos dan a los exportadores de azúcar, llamado Contrato N 14 en el cual el precio pagado es muy superior al del mercado libre y está relacionado a cuotas de importación que USA otorga a algunos países. Los empresarios comentan que el azúcar es un asunto de estado tan importante que todos los gobiernos intervienen este mercado.

2.2 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS DEL NEGOCIO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El sector de la caña de azúcar es probablemente el que aprovecha la mayor proporción de biomasa resultante de su producción agrícola. Son varios los productos que se obtienen del proceso de la caña de azúcar: además de los azucares blanco, rubio y refino, el sector

utiliza del bagazo para producir calor para sus calderos y energía eléctrica que en muchos casos es vendida a la red eléctrica nacional; algunos producen papel de bagazo de caña, otros utilizan el bagazo para producir furfural, un insumo para plásticos biodegradables (Gallo, 2009).

El otro subproducto del proceso del azúcar es la melaza, la cual sirve como fuente de energía metabolizante en el alimento del ganado; también se usa como insumo para la producción de etanol para ron. Últimamente, debido a la crisis del petróleo y los problemas de calentamiento global, se usa también para etanol para combustibles de autos. Finalmente queda la cachaza que son unos lodos finales del proceso del azúcar, algunos productores los están incorporando en la tierra a fin de mejorar la textura, especialmente en terrenos arenosos. La producción de etanol también genera un subproducto, la vinaza; que aunque se ve como un problema de contaminación, se usa en algunos casos como fertilizante (Gallo, 2009).

Las únicas partes de la caña que a la fecha no se utilizan son las hojas, que se queman en muchos casos antes de la cosecha y la parte alta del tallo; sin embargo se están haciendo estudios para utilizar también la hoja en generación de electricidad.

Como se ve, son varios los tipos de energía que el sector produce: energía metabolizante para seres vivos, por medio del azúcar y la melaza; energía eléctrica del bagazo y etanol combustible de la melaza o del jugo de caña. Los científicos están estudiando métodos para obtener etanol celulósico a partir de bagazo de caña, pero las tecnologías aun no están desarrolladas a nivel comercial.

2.3 EL SECTOR AZUCARERO CENTROAMERICANO

Según estudios del Banco Interamericano del Desarrollo, los dos ingenios con mayor productividad por hectárea en Centroamérica, a nivel de producción agrícola eran Choluteca y Azunosa, ambos en Honduras, las 15 empresas más productivas de Centroamérica (Anexo 1) tenían una productividad del 25% al 50% superior a la productividad promedio de Brasil e India principales productores y exportadores mundiales de azúcar, Brasil tenía una productividad promedio de 74 TM de caña por hectárea y la productividad de India era de 66.

La producción de azúcar de Centroamérica se concentra geográficamente en la costa del Pacífico formando un clúster cuya mayor producción se ubica en un corredor de 400 Km. De largo abarcando operaciones de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua.

Este clúster está muy desarrollado en varios aspectos y manejan una serie de políticas en común en todos los países, realizan y comparten investigaciones agrícolas intercambian conocimiento incluso se prestan entre ellas partes y repuestos en caso de emergencia. Las empresas de Honduras tenían una única comercializadora de azúcar a nivel nacional la cual asignaba una cuota de producción a cada ingenio.

3. METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este estudio se valorará tres alternativas “opciones reales” de inversión para la producción de azúcar y/o etanol para maximizar los Valores Económicos Agregados (EVA por sus siglas en Ingles) y para reducir la exposición al riesgo. Cada alternativa tendrá como objetivo determinar el EVA que genera dicha inversión. Para determinar la estrategia que sea más factible, se procederá a realizar un análisis marginal de la inversión.

A través del análisis de los precios históricos de etanol y azúcar se determinará la variabilidad de sus precios cotizados en la Bolsa de Valores de Nueva York y de Chicago. A través de histogramas, se podrá observar las distribuciones de los precios y también se efectuará un análisis de regresión global el cual permita sustentar los resultados obtenido en cada estrategia. Por otra parte se realizara un resumen estadístico de los precios de etanol y azúcar para conocer los valores de la media, mediana, moda, desviación estándar.

Una vez que se tengan los datos históricos de los precios de ambos bienes analizados y representados en histogramas se procederá a analizar la distribución y transformarlo en un histograma de probabilidades. Se hará coincidir el tipo de distribución probabilística con el modelo de curva de dispersión probabilística que mejor se adapte a la distribución de los precios.

Basados en las curvas de los modelos que mejor se ajusten a la distribución se realizarán las distribuciones acumuladas de probabilidades para cada alternativa de inversión. Esperando que a partir de estas curvas podamos hacer el análisis de dominación estocástica de primer grado y si es necesario el de segundo grado. A través de su aplicación se busca obtener una vía para comparar las distribuciones probabilísticas utilizando las diferentes alternativas de inversión. Este análisis dará como resultado la determinación de la alternativa de inversión más eficiente de acuerdo a la distribución probabilísticas de EVAs de cada alternativa y la reducción de riesgo del productor. Un ordenamiento de las estrategia de mayor a menor, determinará las preferencias del productor al aplicar una alternativa de inversión.

3.2 VARIABLES

Las variables independientes que se emplearán en este estudio son los precios históricos de azúcar cotizados en la Bolsa de Nueva York en centavos de dólar por kilogramo y los

precios de etanol cotizados en dólares por litro. Otra variable es el capital invertido en cada alternativa de producción. Como variable dependiente se tiene el valor económico agregado que generará cada alternativa de inversión que se evalúa.

Los precios tanto de etanol como de azúcar son los precios históricos reportados en las bolsas de valores a partir de Mayo de 2005. Para este estudio se utilizarán las cotizaciones de los precios promedios mensuales.

3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

Los datos históricos tanto de precios de etanol como de azúcar a ser utilizadas en el estudio, corresponden al periodo comprendido entre Mayo de 2005 a Septiembre de 2009. La Bolsa de Valores de Nueva York y la Bolsa de Valores de Chicago son las fuentes de donde se recolectaron los datos de cotizaciones de precios promedios mensual.

3.4 ANÁLISIS DE DATOS

Para entender el comportamiento de los datos históricos, se hicieron varios análisis. En primer lugar, se obtuvo el coeficiente de correlación entre el precio del azúcar y el precio del etanol. El análisis del coeficiente de correlación indica el porcentaje de relación entre el movimiento del precio de etanol y precio de azúcar y la dirección en la que ambos se mueven.

Luego se realizó un análisis estadístico de los precios históricos de azúcar y etanol. Se obtuvieron la media y desviación estándar. Estos parámetros se utilizaron para realizar un análisis de los precios tanto de azúcar como de etanol a través de histogramas. Esto se realizó con la herramienta para Excel “@Risk” que ordenó los datos en categorías con sus respectivas frecuencias. Este análisis contribuyó a determinar con mayor precisión el comportamiento de los precios a través del tiempo. También, el análisis estadístico ayudó a realice la simulación dentro del análisis de dominación estocástica.

3.5 CÁLCULO DEL EVA

El EVA es el cálculo de las ganancias descontando el costo del capital. Es decir, es la utilidad económica, que se diferencia de la utilidad contable porque agregamos el costo de capital (Gallo,2009). El EVA se calculó restando a las utilidades netas el costo de capital que fue calculado con base al monto de inversión de cada proyecto en forma de una amortización a una tasa de 15% y que se pagara en cuotas mensuales en un plazo de treinta años.

$EVA = UNDI - \$ \text{ Costo de Capital}$

$\$ \text{ Costo e Capital} = (\% \text{ Costo de Capital}/100) * \text{Capital}$

$\% \text{ Costo de Capital} = (\text{Peso de la Deuda} * \% \text{ Costo de la deuda después de impuestos} + \text{Peso del Capital} * \% \text{ Costo de Capital})$

Donde el UNDI es la utilidad neta después de impuestos en un periodo determinado. Para efectos del estudio se asume que capital será financiado a través de deuda a una tasa de interés de 15% anual a un plazo de 30 años. El costo de capital es el costo de la deuda porque todo el capital se financio a través de deuda. Otra aspecto a considerarse es que en este caso no se toma en cuenta la utilidad neta después de impuestos, simplemente se tomo en cuenta los ingresos marginales generados por cada alternativa de inversión.

3.6 DESCRIPCIÓN DEL MODELO PROBABILÍSTICO

El modelo de probabilidades está basado en la distribución de los datos históricos y la probabilidad de que esos datos ocurran. A partir de simulaciones se generaron datos completamente al azar basados en el modelo de Monte Carlo. Teniendo estas simulaciones podemos representarlas en formas de curvas acumuladas de probabilidad. Las alternativas que se evaluaron en este estudio son: producción de azúcar, producción de etanol, producción de azúcar-etanol. En cada una de ellas intervienen los precios de ambos bienes, así como los costos de inversión necesaria para cada proyecto, y el Valor Económico Agregado. La distribución de las curvas acumuladas de probabilidades se hizo basada en los datos de EVA que se generaron en el periodo de estudio.

3.6.1 Escenario: Producción de azúcar

La inversión para este proyecto se detalla en el siguiente cuadro. Bajo este escenario un inversionista solamente puede producir azúcar. Para poder obtener los ingresos que puede generar el proyecto se tomaron en cuenta el rendimiento por hectárea. En cuanto al costo de capital, se calculó este basado en el pago de amortización ya que el proyecto se financiaría con deuda.

Cuadro 1. Inversión marginal para proyecto etanol

| Opción Etanol | |
|--------------------------------|---------------|
| Molino | 10,500,000.00 |
| Maquinaria Etanol | 10,500,000.00 |
| Total Inversión Marginal | 21,000,000.00 |
| Producción Etanol/10000 Ha | 80,000,000.00 |
| Producción Mensual | 6,666,666.67 |
| Tasa de descuento | 0.15 |
| Pago Mensual Capital e Interes | 266,525.35 |

Fuente: Gallo 2009.

En Honduras todos los ingenios de caña de azúcar producen azúcar cristalizada. Esto debido a que la mayor parte de la producción está destinado al mercado local que paga un

mejor precio debido a restricciones e intervención del estado. Sin embargo cualquier inversión adicional en este sector debe estar destinada para el mercado mundial. Bajo este escenario se tomaran los precios de azúcar a nivel mundial cotizadas en la Bolsa de Nueva York. Bajo el escenario de que invirtamos en la producción de azúcar cristalizada se determinaron cómo se comportan los precios y como afecto en los estados financieros de los inversionistas. Se generó una curva de probabilidades basados en simulaciones que determinó como se distribuyen los valores a lo largo de la curva. Luego se presentaron en forma de distribución de probabilidad acumulada que sirvió para comparar esta alternativa con las otras que se presentan en el estudio. El análisis se hace con base en el algoritmo diseñado por el profesor Ernesto Gallo.

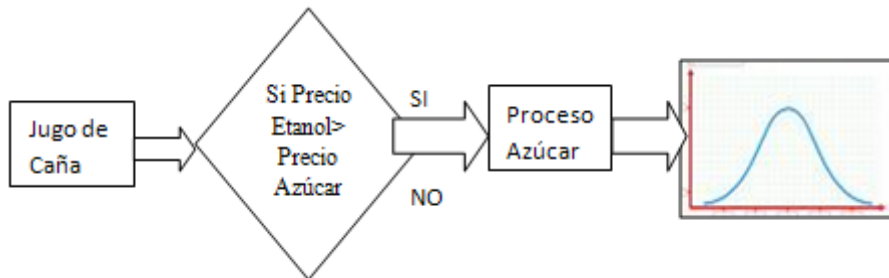


Figura 2. Esquema de proyecto azúcar y su distribución de EVA.

3.6.2 Escenario: Producción de etanol

Cuadro 2. Inversión marginal para proyecto azúcar.

| Opción Azúcar | |
|--------------------------------|----------------|
| Molino | 10,500,000.00 |
| Maquinaria Azúcar | 15,000,000.00 |
| Total Inversión Marginal | 25,500,000.00 |
| Producción Azúcar/10000 Ha | 120,000,000.00 |
| Producción Mensual | 10,000,000.00 |
| Tasa de descuento | 0.15 |
| Pago Mensual Capital e Interes | 323,637.92 |

Fuente: Gallo 2009.

Bajo este escenario toda la producción de caña de azúcar se destinara a la producción de etanol. Para evaluar esta alternativa se tomaron en cuenta los precios históricos de etanol cotizados en la Bolsa de Valores de Chicago. Luego se evaluaron como podían afectar los estados financieros de una inversión solamente en etanol bajo un modelo de simulación. Este modelo generó una distribución de probabilidades de los posibles EVAs de la empresa en función de los precios de etanol y en el monto que dicha inversión necesita. Se obtuvo una distribución acumulada de probabilidades de estos valores y se comparó con las otras alternativas.

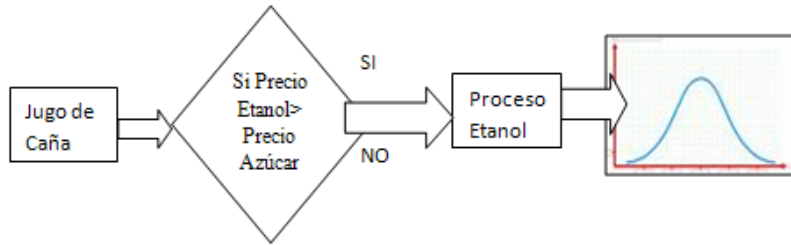


Figura 3. Esquema de proyecto etanol y su distribución de EVA.

3.6.3 Escenario: Producción de azúcar-etanol

Cuadro 3. Inversión marginal para proyecto azúcar-etanol.

| Opción Azúcar-Etanol | |
|--------------------------------|----------------|
| Molino | 10,500,000.00 |
| Maquinaria Azúcar | 15,000,000.00 |
| Maquinaria Etanol | 10,500,000.00 |
| Total Inversión Marginal | 36,000,000.00 |
| Producción Azúcar/10000 Ha | 120,000,000.00 |
| Producción Mensual Azúcar | 10,000,000.00 |
| Producción Etanol/10000 Ha | 80,000,000.00 |
| Producción Mensual Etanol | 6,666,666.67 |
| Tasa de descuento | 0.15 |
| Pago Mensual Capital e Interés | 456,900.59 |

Fuente: Gallo 2009.

Este escenario es el más costoso porque implica invertir en equipo para la producción de ambos productos. Sin embargo, esta alternativa nos permite flexibilidad de producir el bien que tengan mejor precio en el mercado y reducir las desviaciones estándar de los posibles resultados financieros, expresados en EVA, que pueda tener un inversionista. Para este escenario se tomaron en cuenta los precios de azúcar y etanol cotizados en Bolsas de Valores mundiales. Los resultados financieros de la empresa fueron evaluados en función de producir el bien con mejor precio y en función de la inversión que se realizó para tener esos resultados. Luego se ordenó los datos en una curva de distribución de probabilidades acumuladas para comparar cual de las inversiones tiene mejor resultado.

3.7 DESCRIPCIÓN DEL MODELO PROBABILÍSTICO

El análisis de dominación estocástica se llevó a cabo a través del uso del complemento para Excel llamado @RISK que es un instrumento que realiza simulaciones basados en modelos de Monte Carlo para obtener escenarios completamente al azar de posibles resultados basados en datos históricos. El primer paso que se hizo fue ajustar un modelo de distribución a los datos históricos de los precios de etanol y azúcar. El programa nos

da una variedad de modelos que se ajustan a la distribución de datos reales. Se elige el modelo que menor error tiene. Luego se realizó las interacciones de los datos y se generó un modelo simulado de los precios. Este modelo probabilístico nos indicó los posibles valores que se generaron a partir de los precios históricos. Se procedió de la misma forma con los EVAs históricos de cada proyecto y se generó una distribución de probabilidades de cada alternativa de inversión. La curva que tenga menor dispersión en sus resultados es la curva de menor riesgo. Y la curva que este más hacia la derecha del plano es la que generó más rendimientos. Se dice que si una curva esta bajo todos los escenarios más hacia la derecha que otra, entonces la primera tiene dominación estocástica de primer grado sobre la segunda. Se hizo la comparación de las tres alternativas y se pudo evidenciar la dominación estocástica de primera grado para una alternativa.

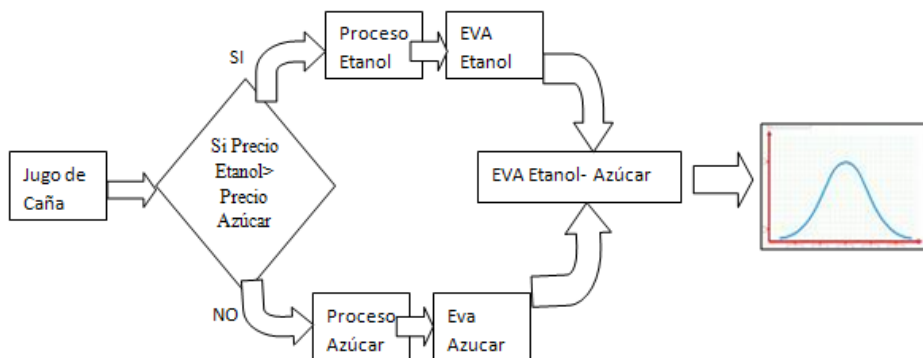


Figura 4. Esquema de proyecto azúcar-etanol y generación de EVA.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE PRECIOS

Los precios históricos del etanol se han comportado de forma muy variable. Se puede observar en la Figura 2 que los precios de etanol han tenido una gran fluctuación a mediados del 2008 alcanzó precios por encima de los 2.6 dólares por galón. En el 2009 los precios bajaron a números cercanos a 1.6 dólares por galón. También se puede observar el número de contratos de etanol que se han realizado, el volumen de estos han ido aumentando con una tendencia constante.

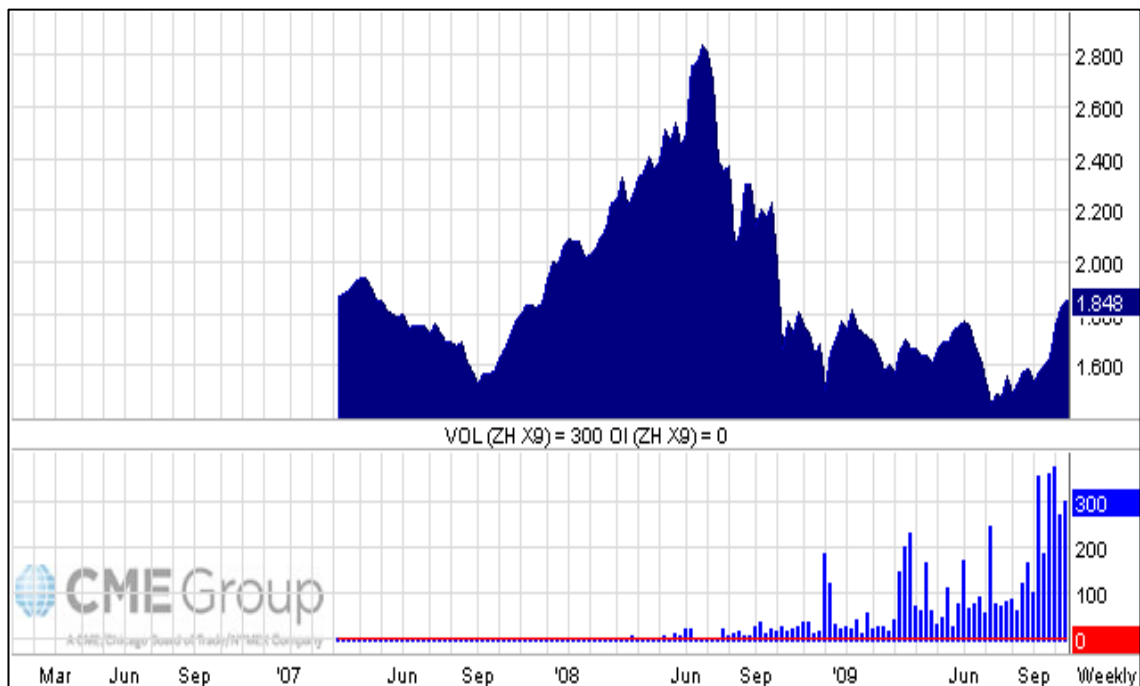


Figura 5. Precios y volúmenes históricos de etanol.

Fuente: CBOT 2009.

Los precios del azúcar se han comportado con una gran volatilidad. Existe una gran variación en los precios. Esta volatilidad es debido a que se trata de un producto no diferenciado, un commodity, cuya característica es una demanda inelástica que hace que pequeños cambios en la oferta hacen que el precio varíe más que proporcionalmente.

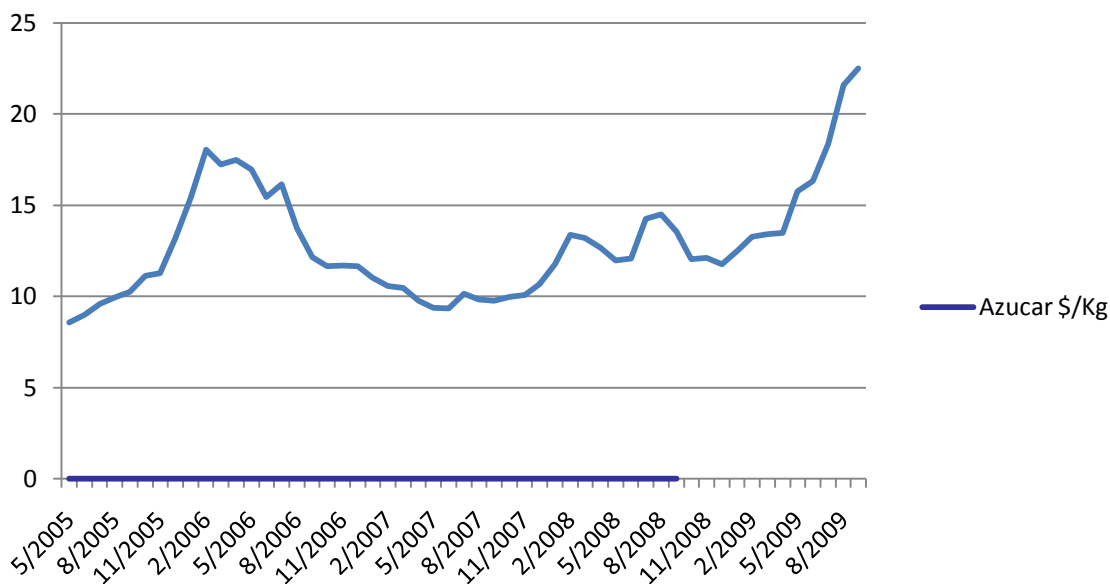


Figura 6. Precios históricos de azúcar.
Fuente: NYBOT 2009.

El análisis estadístico de los precios de azúcar vemos que la media del precio de azúcar es de 0.26 dólares por kilogramos con una desviación estándar de 5 centavos de dólar. Nos indica que el precio es variable y por tanto el productor se expone a un mayor riesgo debido a la volatilidad de los precios.

Cuadro 4. Análisis estadístico de los precios de azúcar 2005- 2009.

| One Variable Summary | Precio Azúcar (\$/kilogramo) |
|----------------------|---------------------------------|
| Mean | 0.26829182 |
| Variance | 0.00319001 |
| Std. Dev. | 0.0564802 |
| Interquartile Range | 0.0765004 |

Los precios de etanol tienen una media de 0.54 dólares por litro en el período estudiado. La desviación estándar de los datos es de 11 centavos de dólar. Se puede observar que el precio del etanol también tiene una gran volatilidad. Por otra parte el precio por litro es más alto que el precio de un kilogramo de azúcar. Sin embargo, los rendimientos de etanol son diferentes a los rendimientos de azúcar por hectárea de caña de azúcar cultivada.

Cuadro 5. Análisis estadístico de los precios de etanol 2005-2009.

| One Variable Summary | Precio Etanol (\$/litro) |
|----------------------|-----------------------------|
| Mean | 0.544258858 |
| Variance | 0.011409277 |
| Std. Dev. | 0.106814218 |
| Interquartile Range | 0.113593982 |

Existe una relación entre los precios etanol y azúcar. Se observa en la figura 4 la correlación que existe entre los precios de azúcar y etanol. Se determinó que el coeficiente de correlación es de 0.49. Es decir, que los precios del etanol están influenciados por los precios del azúcar en un 49% de los casos.

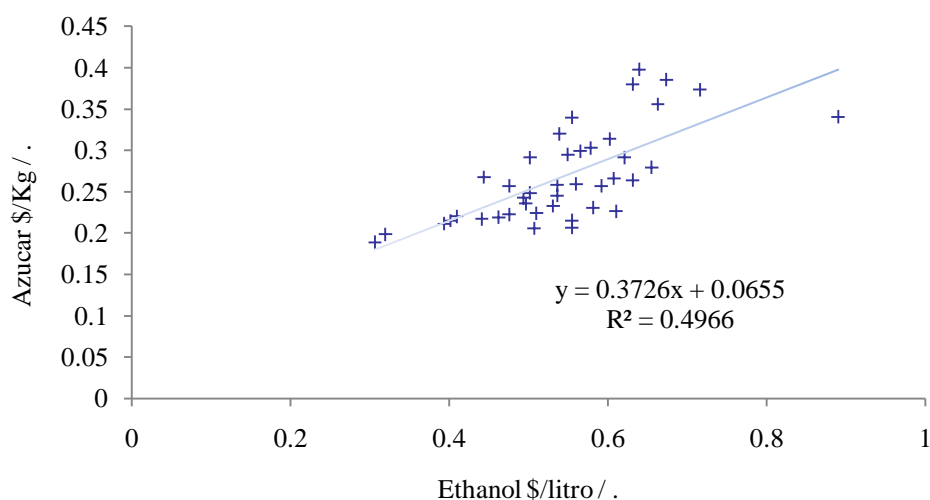


Figura 7. Diagrama de Dispersión precios de etanol y azúcar..

4.2 EVALUACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

Las estrategias se evaluaron individualmente. Se hicieron estudios de distribución de frecuencias acumulada para evaluar en cual de las alternativas es mejor invertir. Y los resultados son los siguientes.

4.2.1 Producción de etanol

Se hizo un estudio de los precios de etanol a través de un histograma. Este análisis nos ayudó a ver cómo se comporta el precio del etanol. Pudimos obtener una media y una desviación estándar. Con base a estos datos el programa nos indicó que el precio de etanol se describe mediante un modelo de curva "Logístico". El modelo describió el 84 por

ciento de los precios de etanol. Basados con esta información se corrió una simulación de modelo “Logístico” y se obtuvo una distribución de los precios simulados de etanol.

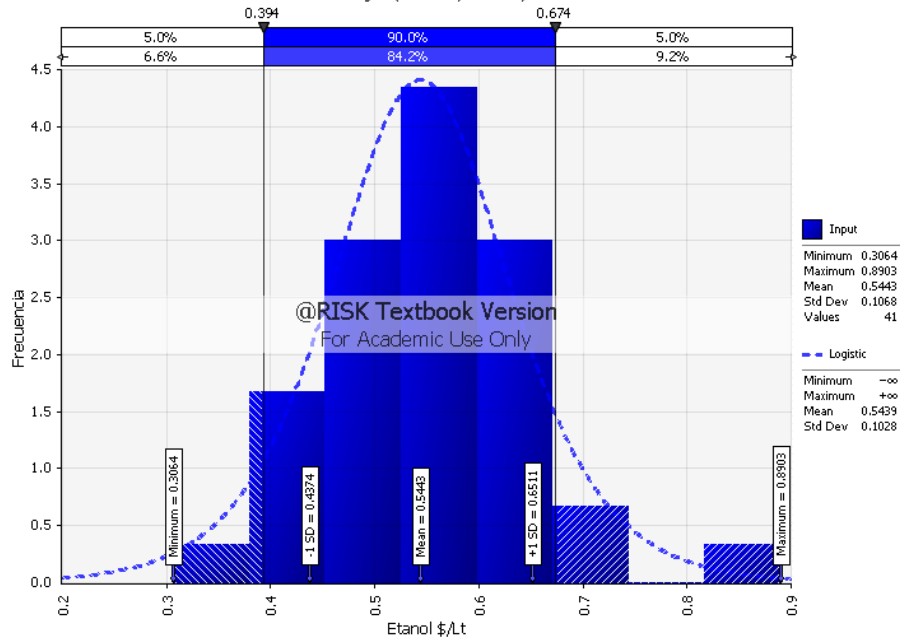


Figura 8. Distribución de los precios históricos de etanol periodo 2005-2009.

Luego de realizar la simulación de los precios históricos del etanol, se pudo evaluar los EVAs del proyecto. El proyecto tiene un costo de inversión de 21 millones de dólares para adquirir un equipo de fermentación, destilación y deshidratación. El proyecto se castigó con una tasa de descuento de 15 por ciento. Los ingresos se obtuvieron multiplicando el precio simulado por la producción mensual. De esa forma obtuvimos los valores simulados de los EVAs del proyecto. Se analizó estos valores con el programa para generar una curva de distribución probabilística acumulada que nos mostró como el proyecto etanol varia, generando un máximo de EVA de 5.2 millones y un mínimo de 1.3 millones con una media de 3.3 millones.

Cuadro 6. Cálculo de EVA del proyecto etanol

| Fecha | Etanol Promedio Mensual \$/litro | Ingresos Promedio Mensual \$ | Pago del Costo de Capital Mensual | EVA Promedio Mensual |
|---------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 12/2005 | 0.45 | 3,026,971.42 | 266,525.35 | 2,760,446.07 |
| 12/2006 | 0.62 | 4,107,875.40 | 266,525.35 | 3,841,350.05 |
| 12/2007 | 0.50 | 3,309,488.75 | 266,525.35 | 3,042,963.41 |
| 12/2008 | 0.55 | 3,642,639.06 | 266,525.35 | 3,376,113.72 |
| 9/2009 | 0.41 | 2,719,993.71 | 266,525.35 | 2,453,468.37 |

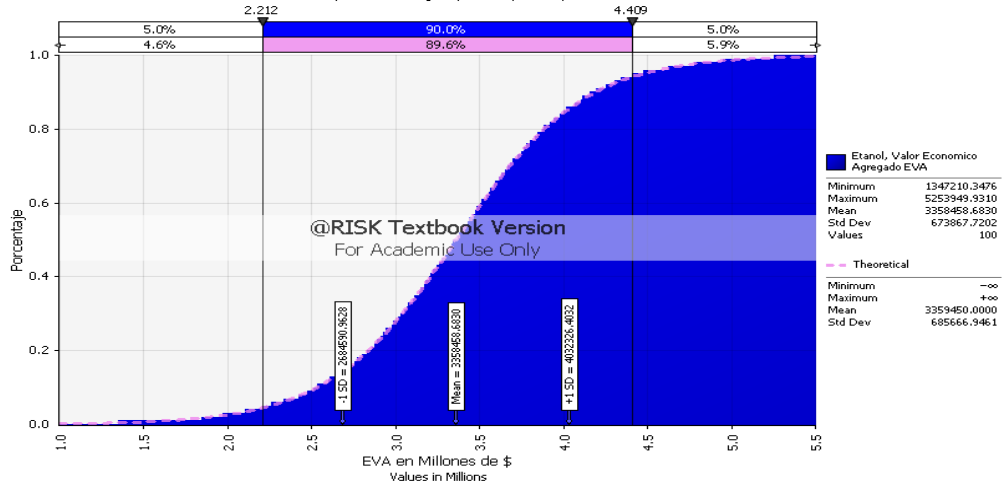


Figura 9. Distribución acumulada de probabilidad de EVAs proyecto de inversión etanol.

4.2.2 Producción de azúcar

El estudio de los precios de azúcar, generó como resultado un histograma de frecuencia de precios que de acuerdo al programa se describió como un modelo de “Triangulo”. Basados en este modelo, que describió el 89 por ciento de los datos se generaron simulaciones de los precios de azúcar.

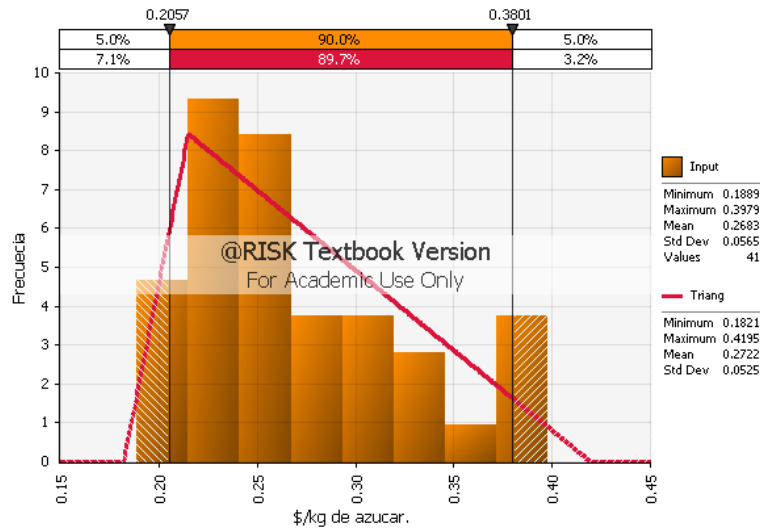


Figura 10. Distribución de los precios de azúcar periodo 2005-2009.

Basados en la simulación de precios se comenzó a generar escenarios de EVAs para este proyecto. Luego, teniendo todos los EVAs que generó el proyecto realizamos, con el programa, una curva de distribución acumulada de probabilidades de estos resultados que nos dieron como resultado la siguiente figura.

Cuadro 7. Cálculo de EVA del proyecto azúcar.

| Fecha | Azúcar Promedio Mensual \$/kilogramo | Ingresos Promedio Mensual \$ | Pago del Costo de Capital Promedio Mensual | EVA Promedio Mensual |
|---------|--------------------------------------|------------------------------|--|----------------------|
| 12/2005 | 0.23 | 2,286,469.24 | 323,637.92 | 1,962,831.32 |
| 12/2006 | 0.33 | 3,262,841.48 | 323,637.92 | 2,939,203.56 |
| 12/2007 | 0.22 | 2,223,361.91 | 323,637.92 | 1,899,723.99 |
| 12/2008 | 0.28 | 2,815,670.53 | 323,637.92 | 2,492,032.60 |
| 9/2009 | 0.36 | 3,604,814.61 | 323,637.92 | 3,281,176.69 |

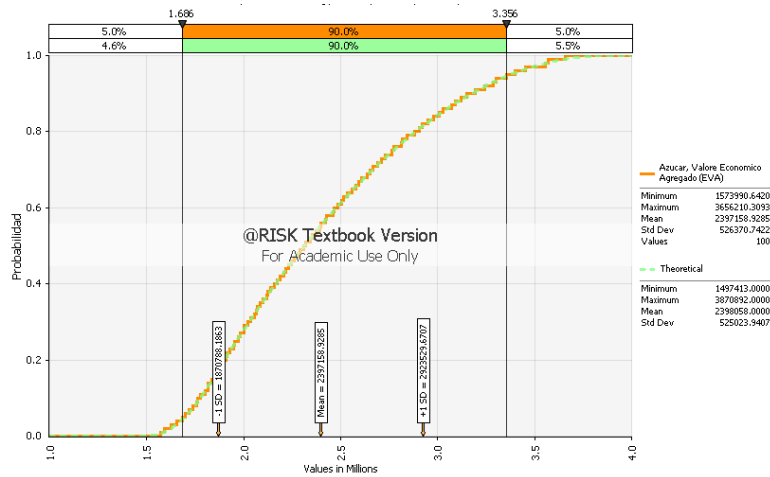


Figura 11. Distribución acumulada de probabilidad de EVAs proyecto en azúcar.

4.2.3 Producción de etanol-azúcar

Basados en el modelo de distribución logístico para los precios de etanol y triangular para los precios de azúcar, se comenzó a generar escenarios que permita obtener un EVA para cada mes según el mejor precio del mercado, es decir, a partir de la producción del bien que mejores precios tenga ese mes. De esta forma se esperaba reducir la desviación estándar de los resultados y también aprovechar los ingresos altos que se den por oportunidades en el mercado. Sin embargo, la desventaja de esta alternativa es el alto costo de inversión ya que se debe invertir para producir ambos bienes. Lo que no sabíamos es si es que esta inversión tendría valor o si era mejor producir un sólo bien independientemente de la variabilidad de sus precios. El resultado que se generó a partir de los EVAs obtenidos para el proyecto tres se pueden observar en la siguiente figura. Se obtuvo un mínimo de 1.2 millones, un máximo de 5.3 millones y una media de 3.17 millones.

Cuadro 8. Cálculo de EVA del proyecto azúcar-etanol

| Fecha | Etanol Precios \$/litro | Azúcar Precios \$/Kg | Ingresos Etanol Promedio Mensual \$ | Ingresos azúcar Promedio Mensual \$ | Ingreso Mejor Opción Real | Pago del Costo de Capital Promedio Mensual | EVA Promedio Mensual |
|-------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| 2005 | 0.45 | 0.23 | 3,026,971.42 | 2,286,469.24 | 3,026,971.42 | 456,900.59 | 2,570,070.83 |
| 2006 | 0.62 | 0.33 | 4,107,875.40 | 3,262,841.48 | 4,107,875.40 | 456,900.59 | 2,710,648.10 |
| 2007 | 0.50 | 0.22 | 3,309,488.75 | 2,223,361.91 | 3,309,488.75 | 456,900.59 | 2,934,565.36 |
| 2008 | 0.55 | 0.28 | 3,642,639.06 | 2,815,670.53 | 3,653,041.21 | 456,900.59 | 3,168,546.32 |
| 2009 | 0.41 | 0.36 | 2,719,993.71 | 3,604,814.61 | 3,604,814.61 | 456,900.59 | 3,329,565.47 |

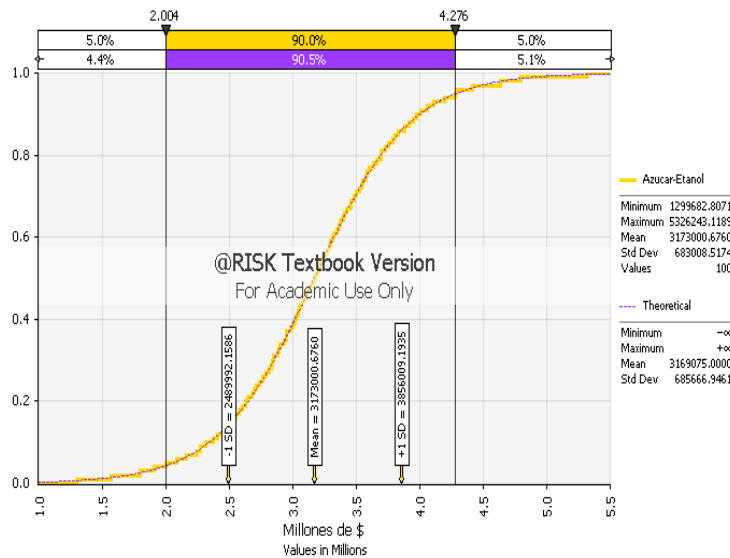


Figura 12. Distribución acumulada de probabilidades de EVAs proyecto azúcar-etanol.

4.3 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Cuadro 9. Distribución probabilística de las tres alternativas.

| Name | Etanol EVA | Azúcar-Etanol EVA | EVA Azúcar |
|---------------|--------------|-------------------|--------------|
| Description | Logistic | Logistic | RiskTriang |
| Minimum | 1,431,100.00 | 1,134,478.00 | 1,582,381.00 |
| Maximum | 5,302,512.00 | 5,394,494.00 | 3,816,037.00 |
| Mean | 3,359,960.00 | 3,172,627.00 | 2,398,298.00 |
| Std Deviation | 677,516.10 | 684,280.60 | 529,857.40 |

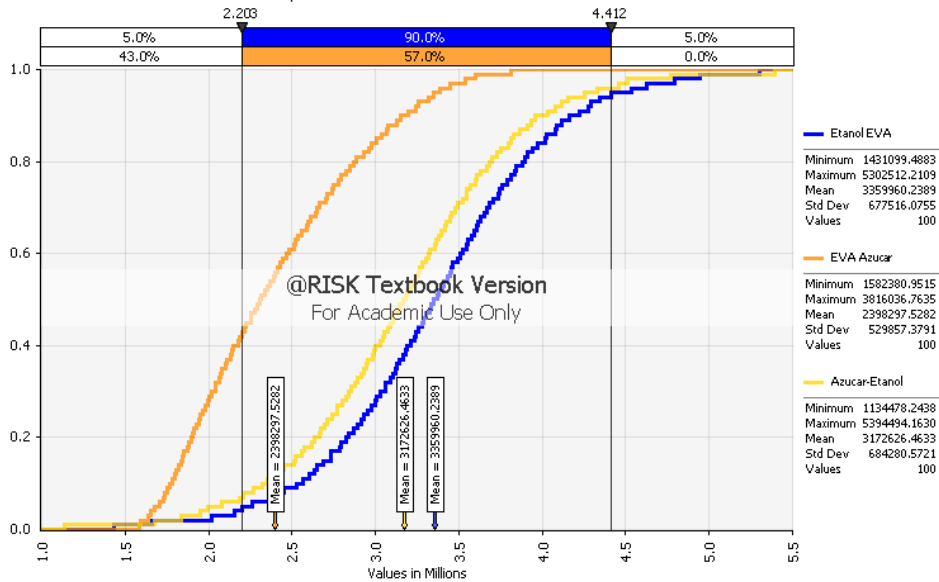


Figura 13. Distribución acumulada de probabilidades de EVAs comparación.

En esta figura se puede observar que el mayor escenario a la derecha generado es la curva de distribuciones EVA de la "opción real" etanol. Es decir, que existe mayor probabilidad de que etanol nos genere mejores resultados financieros que los otros proyectos.

4.4 ANÁLISIS DE DOMINACIÓN ESTOCÁSTICA

Los resultados obtenidos a través del análisis de dominación estocástica muestran tres escenarios. El primer escenario, basado en la producción de azúcar, muestra la alternativa menos preferida debido a que sus valores de EVA son los menores. A su vez, el segundo escenario, el proyecto etanol-azúcar, muestra mejores resultados de EVA, también se ve que redujo su dispersión lo que se traduce en menor riesgo en el proyecto, pero no es el que genera mejores resultados. El etanol domina estocásticamente al azúcar y a azúcar-etanol. El proyecto de inversión de producción de etanol generó mayores valores en la distribución de probabilidades de EVAs que el proyecto de azúcar y el proyecto combinado. Se dice que cuando un proyecto domina en todos los escenarios posibles a otro, se tiene una dominación estocástica de primer grado. Evaluando las tres alternativas y sus escenarios posibles de ocurrencia se dice que el proyecto etanol es el de menor dispersión y mayor rentabilidad. El etanol tiene dominación estocástica de primer grado sobre las otras alternativas.

5. CONCLUSIONES

- Basados en el análisis y la valoración de las alternativas en función de EVA a partir de los precios históricos de etanol y azúcar concluimos que la mejor alternativa es la producción de etanol.
- La opción de “flexibilidad” no es una alternativa que de mejores resultados financieros ya que la inversión es alta y los precios no lo justifican.
- La alternativa menos atractiva es la producción de azúcar, porque la distribución probabilística de EVA es menor a la de los otros dos proyectos.
- La mejor alternativa es la producción de etanol debido a que genera mayores probabilidades de EVA a menor inversión.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio con precios cotizados en lapsos menores de tiempo. También se puede complementar con datos de precios de mercados locales de azúcar y etanol.
- Medir futuras tendencia en los precios de azúcar y etanol. Actualizar los datos de precios para mejorar la capacidad predictiva del modelo.
- Incluir otras variables y datos macroeconómicos para obtener mayor exactitud en la hora de tomar decisiones.

7. LITERATURA CITADA

APAH (La Asociación de Productores de Azúcar de Honduras). 2009. Estadísticas de producción en Honduras (en línea). Tegucigalpa, HN. Consultado 2 de sep. 2009. Disponible en <http://www.azucar.hn/Pages/Estadisticas.aspx>

BID (Banco Interamericano de Desarrollo, CA). 2008. Estudio sobre el Potencial Productivo de Etanol de Caña de Azúcar en Centro América y República Dominicana.

BID (Banco Interamericano de desarrollo, CA). 2007. Diagnostico de los aspectos agrícolas para la producción de etanol a base de caña de azúcar en Centro América. Programa SPA BID/GTZ, ATN/GC-9394-RS

CBOT (Chicago Board of Trade, US). 2009. Energy Products Ethanol futures (en línea). Chicago, US. Consultado 11 de sep. 2009. Disponible en http://www.cmegroup.com/popup/mdq2.html?code=ZHX9&title=November_2009_Ethanol&type=p

FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 2009. Food Outlook. Global Market Analysis (en línea). Roma, IT. Consultado 12 de sep. 2009. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/011/ai482e/ai482e01.htm#36>

Gallo, E. 2009. Casos de Estrategia de Agronegocios Internacional Libro en Honor al Profesor Ray Golberg. Azucarera Choluteca: Competitividad en el Sector Azucarero. K-State Printing Services, Manhattan, Kansas, 2009.

Gran, J. 2003. The EVA Revolution. Foundation of Economic Value Added. 2 ed. US. Wiley. 271 p.

NYBOT (New York Board of Trade, US). 2009. Sugar Historical Data 2005-2009 (en línea). New York, US. Consultado el 12 de sep. 2009. Disponible en <https://www.theice.com/productguide/ProductDetails.shtml?specId=23>

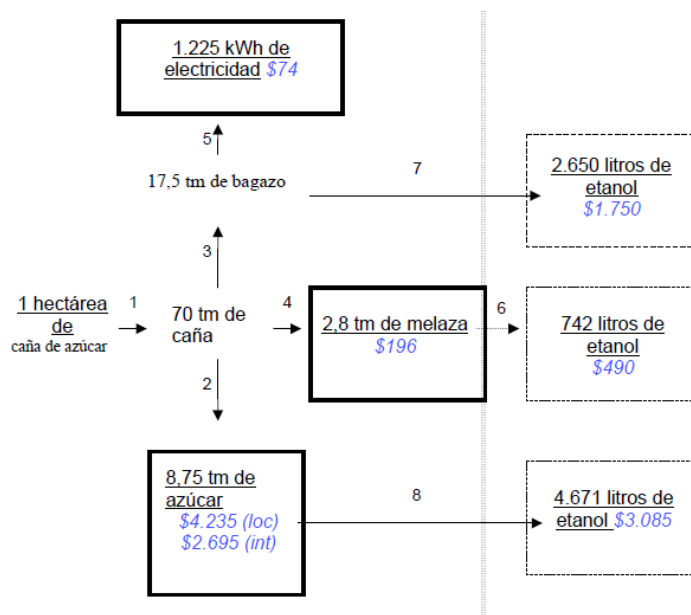
8. ANEXOS

Anexo 1. Productividad agrícola de empresas azucarera en Centroamérica.

| Ingenio | Pais | Rendimiento Tm/Ha |
|--------------|-----------|-------------------|
| Choluteca | Honduras | 108,74 |
| Azunosa | Honduras | 108,74 |
| Los Tarros | Guatemala | 108,20 |
| La Unión | Guatemala | 108,20 |
| Madre Tierra | Guatemala | 107,52 |
| San Antonio | Nicaragua | 103,41 |
| La Grecia | Honduras | 100,79 |
| Santa Ana | Guatemala | 100,55 |
| Monte Rosa | Nicaragua | 99,80 |
| Montelimar | Nicaragua | 99,84 |

Fuente: BID 2008.

Anexo 2. Capacidades actuales de un ingenio azucarero por hectárea CA.



Fuente: BID 2008.