PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"Análisis para determinar la mejor alternativa entre sorgos azucarados y sorgos graníferos, para la producción de bioetanol en el Noreste Argentino"

Autor:

Oscar Balestra

Legajo:

46060

Tutor:

Mg. Ing. Pablo A. Trabattoni

Año 2012

DEDICATORIA

Ante todo quiero dedicar la presente obra a mis padres. Quienes a su manera siempre estuvieron presentes para brindar consejos y afecto. Como ejemplo de vida y pilar de apoyo, gracias a ellos he logrado apreciar desde mi infancia el amor por el esfuerzo propio.

A mis hermanos quienes aun estando lejos de casa siempre estuvieron presentes, dando apoyo y afecto, haciendo del lugar en el que estuviéramos nuestra casa.

A mi novia por brindarme siempre su amor y apoyo, sin los cuales me habría sido imposible llegar a esta instancia de mi formación personal y profesional.

También a mis amigos quienes me acompañaron todo este tiempo, compartiendo alegrías y desafíos a lo largo de esta etapa de la vida.

Por último, pero no menos importante, me es imprescindible dedicar las siguientes páginas a quien fuese mi tutor de proyecto final, el Ingeniero Pablo Trabattoni, a los ingenieros Martin Fraguío, Ricardo Negri, Gerónimo Cárdenas y Gerardo Fernández por haber aportado su tiempo, buen juicio y conocimientos en el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

El presente estudio busca arrojar luz sobre las variables a tener en cuenta para seleccionar el mejor insumo entre sorgo azucarado y sorgo granífero para la creación de una industria sustentable de bioetanol carburante.

En el primer capítulo se hace una breve introducción a la historia de la producción de sorgo y bioetanol en Argentina y el mundo, con el objetivo de enmarcar el escenario actual y de definir conceptos claves para poder comprender los puntos a tratar más adelante.

En el segundo capítulo se realiza un análisis económico de los costos de producción, tanto de las materias primas como de los procesos de producción de etanol, con el objeto de arrojar a la luz los rubros claves a tener en cuenta a la hora de estudiar este tipo de proyectos.

El tercer capítulo representa los aspectos legales vigentes a tener en cuenta, a la hora de encarar cualquier estudio de biocombustibles.

El en el capitulo cuatro se presentan las conclusiones del presente texto, más algunas observaciones adicionales sobre el mercado y Argentina.

ABSTRACT

The aim of this report is to shed light on the variables that should be considered when deciding whether sweet sorghum or grain sorghum is the best raw material to create a sustainable industry of bioethanol fuel.

The first chapter includes a brief introduction to the history of sorghum and bioethanol production in Argentina and the world, in order to provide a framework in the current scenario and to define key concepts that will facilitate understanding of the following topics to be addressed.

The second chapter comprises an economic analysis of the production costs, both of the raw material and of the production of ethanol, with the objective of revealing the key items to be considered when assessing this type of projects.

The third chapter covers the legal aspects currently in force that should be considered when starting a study on biofuel.

The fourth chapter presents the conclusions of the report, together with some additional observations about the market and about Argentina.

CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A LA HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO Y BIOETANOL EN ARGENTINA Y EL MUNDO. 1

¿POR QUÉ SORGO? HISTORIA E IMPORTANCIA A NIVEL NACIONAL Y MUNDIAL. 1

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SORGO. 6

¿POR QUÉ BIOETANOL? SU NECESIDAD A NIVEL NACIONAL Y MUNDIAL. 8

¿QUE SON LOS BIOCOMBUSTIBLES? 15

USOS DEL ETANOL. 19

PRODUCCIÓN DE ETANOL. 22

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL. 29

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA FÁBRICA DE ETANOL EN BASE A MAÍZ Y SORGO GRANÍFERO. 29

ANÁLISIS DE ESCENARIOS PROPUESTOS. 31

DESARROLLO DE COSTO TOTAL POR LITRO DE ETANOL EN BASE A GRANO. 35

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA FÁBRICA DE ETANOL EN BASE A CAÑA DE AZÚCAR Y SORGO SACARÍFERO. 40

ESTUDIO DE ESCENARIOS PROPUESTOS. 41

DESARROLLO DE COSTO TOTAL POR LITRO DE ETANOL EN BASE A CAÑA DE AZÚCAR Y SORGO AZUCARADO. 46

CAPÍTULO III: MARCO LEGAL DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LA REPUBLICA ARGENTINA. 51

MARCO LEGAL VIGENTE EN EL PAÍS 52

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES 57

CONCLUSIONES ADICIONALES 58

BIBLIOGRAFÍA 59

CAPÍTULO I: INTRODUCION A LA HISTORIA DE LA PRODUCCION DE SORGO Y BIOETANOL EN ARGENTINA Y EL MUNDO.

¿POR QUÉ SORGO? HISTORIA E IMPORTANCIA A NIVEL NACIONAL Y MUNDIAL.

El sorgo es un cereal de verano perteneciente a la familia de las gramíneas y al género Sorghum. Es el quinto cereal en importancia a nivel mundial detrás del maíz, el trigo, el arroz y la cebada aportando el 3% de la producción total. Según datos de USDA, en la campaña 2009/2010 se produjeron 58 millones de toneladas de sorgo, de los cuales el 19% corresponde a Nigeria, el 16% a Estados Unidos y el 11% a India.

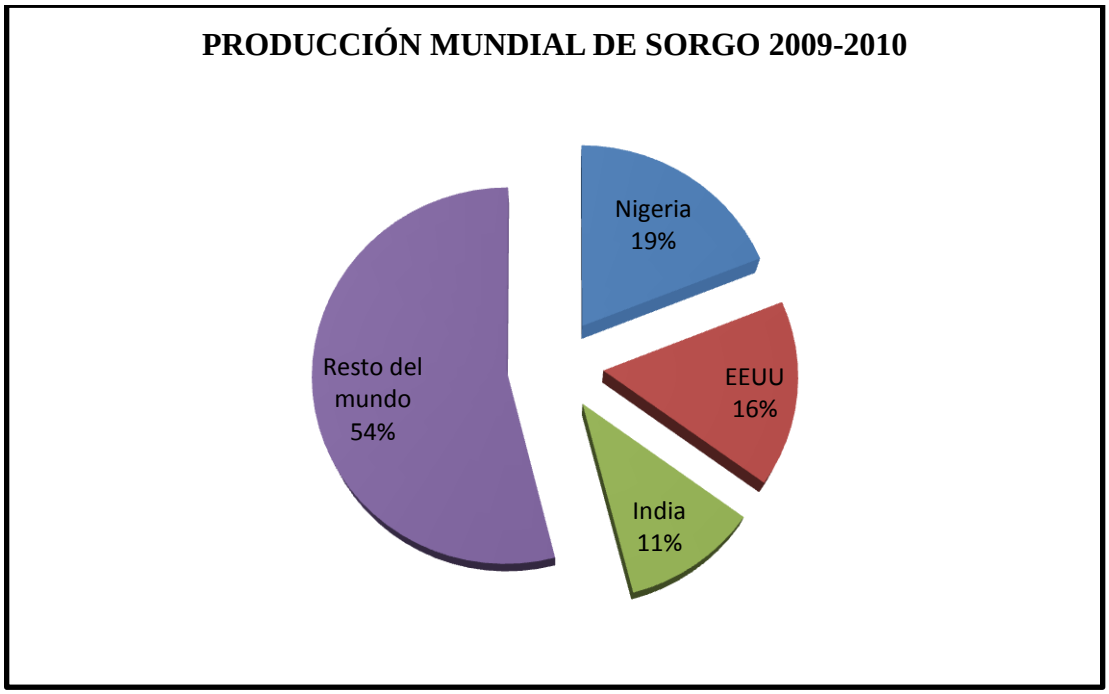


Figura 1.1 Elaboración propia en base a datos del USDA

El sorgo posee características agronómicas especiales que hacen viable su incorporación a la rotación de cultivos. Comparándolo con otros cultivos de verano, el cereal posee menores necesidades hídricas, se adapta mejor a regiones secas y es un cultivo que aporta buenos rastrojos necesarios para desarrollar una agricultura sustentable y la recuperación del suelo y su fertilidad.

De acuerdo a la variedad, el sorgo se puede utilizar para consumo humano y para la alimentación animal. También posee propiedades como insumo para la producción de papel, adhesivos, refinamiento de minerales y elaboración de embutidos, entre otros usos

industriales. A través de la molturación del grano de sorgo se obtiene la harina, comparable con la de trigo, utilizándose mezclas con esta para la elaboración de panificados y de confitería. Los productos elaborados a base de harina de sorgo no poseen gluten lo que los hace aptos para el consumo de los celíacos.

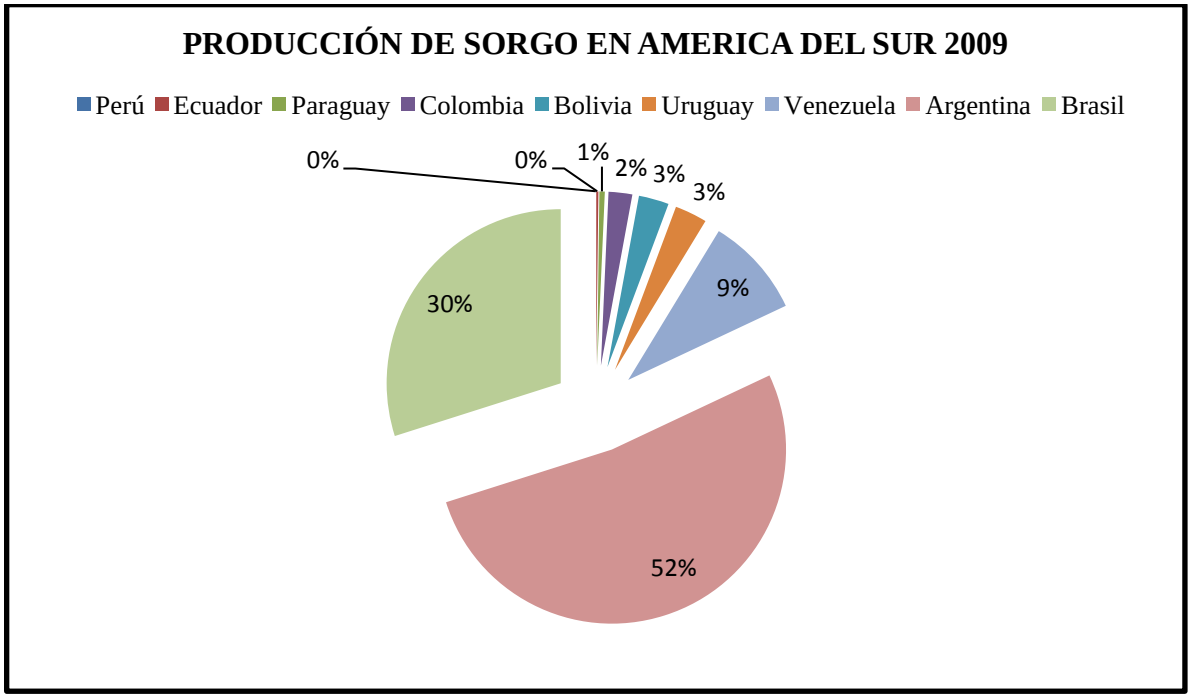


Figura 1.2 Elaboración propia en base a datos del USDA

En América del sur se produjeron en 2009, 5,36 millones de toneladas (8% de la producción mundial). Argentina concentra más de la mitad de la producción regional de sorgo, siguiéndole, en orden de importancia Brasil y Venezuela. Chile no produce sorgo, Paraguay registra un saldo exportable casi nulo y Uruguay registra una posición importadora neta, mientras que Argentina, Brasil y Bolivia son exportadores netos del cereal. Si bien la región en su totalidad exporta el 25% de su producción, el 82% de las exportaciones están concentradas en un solo país, Argentina, que se destaca por ser el segundo exportador mundial de sorgo.

La utilización de sorgo como materia prima para la producción de bioetanol no está difundida en los países de la región. Vale señalar el caso de Argentina, en donde existen dos plantas de producción de alcohol a base de cereales que utilizan casi exclusivamente sorgo para la obtención de alcohol, aunque la producción no tiene como destino el uso como carburante, sino que se destina principalmente a las industrias de bebidas y cosméticos.

La utilización de sorgo como materia prima para la producción de bioetanol presenta algunos atractivos. Agronómicamente, se destaca por su mayor resistencia a la sequía, a las altas temperaturas y por su menor necesidad de agua. En este sentido, cuenta con potencial para desarrollarse en zonas semiáridas, adonde no resultaría posible cultivar maíz u otros cultivos más exigentes.

Sus rendimientos son más estables en zonas marginales y, además, la variabilidad genética del cultivo le otorga una gran plasticidad para adaptarse y elevar su potencial de rendimiento, en distintos ambientes y distintos tipos de utilización. Además, el sorgo es un cultivar muy eficiente en la captación de carbono.

Desde el punto de vista económico, el sorgo suele ser relativamente más barato que el maíz, aunque sus precios están fuertemente correlacionados. Por otro lado, cabe señalar que el rendimiento en litros de etanol de sorgo por hectárea es un 5% inferior al del maíz. La disponibilidad actual de sorgo en la región, es mucho menor que la de caña y la de maíz, incluso en Argentina, que como se mencionó, dispone de saldos exportables, aunque en el NEA sucede lo contrario, es mayor la disponibilidad de sorgo a la de los otros cultivos.

En Argentina, el sorgo se destina mayormente al mercado interno, siendo la alimentación animal la principal actividad. El resto se destina a molienda, dedicándose 200 mil toneladas de granos de sorgo durante el año 2009.

En el grafico siguiente se puede observar para el País la producción en toneladas de cada cultivo a tratar en el presente texto.

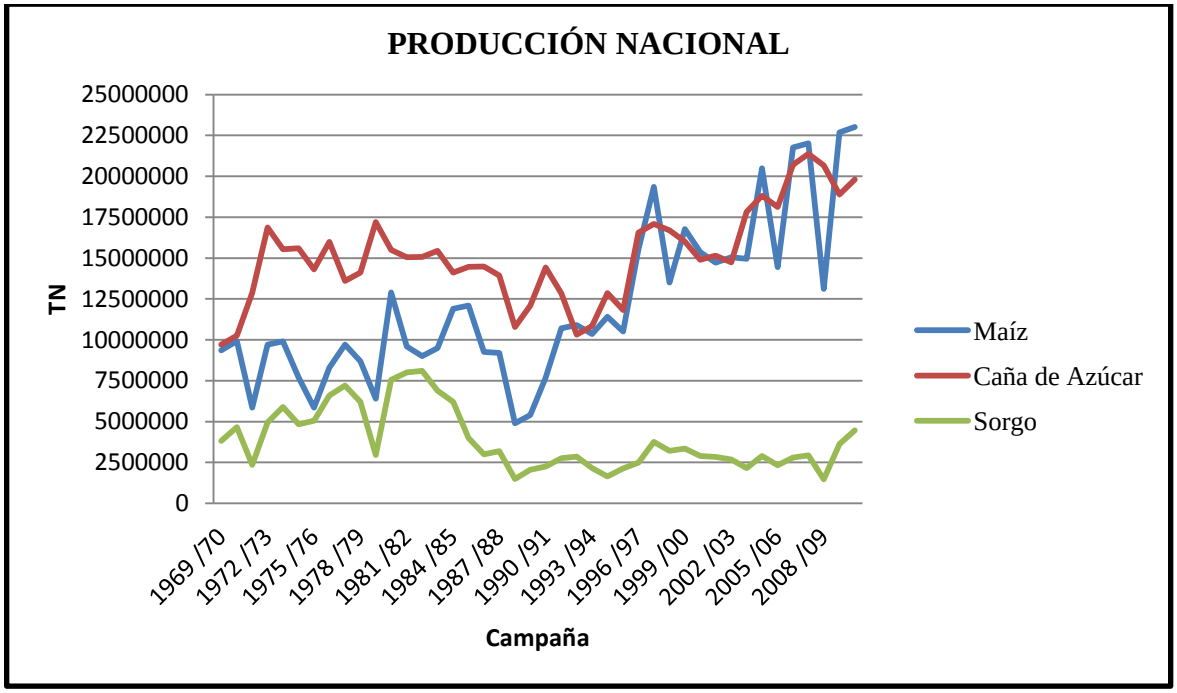


Figura 1.3 Elaboración propia en base a datos de Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Y del Centro Azucarero Argentino.

En el grafico siguiente se puede observar para el NEA la producción en toneladas de cada cultivo a tratar en el presente texto.

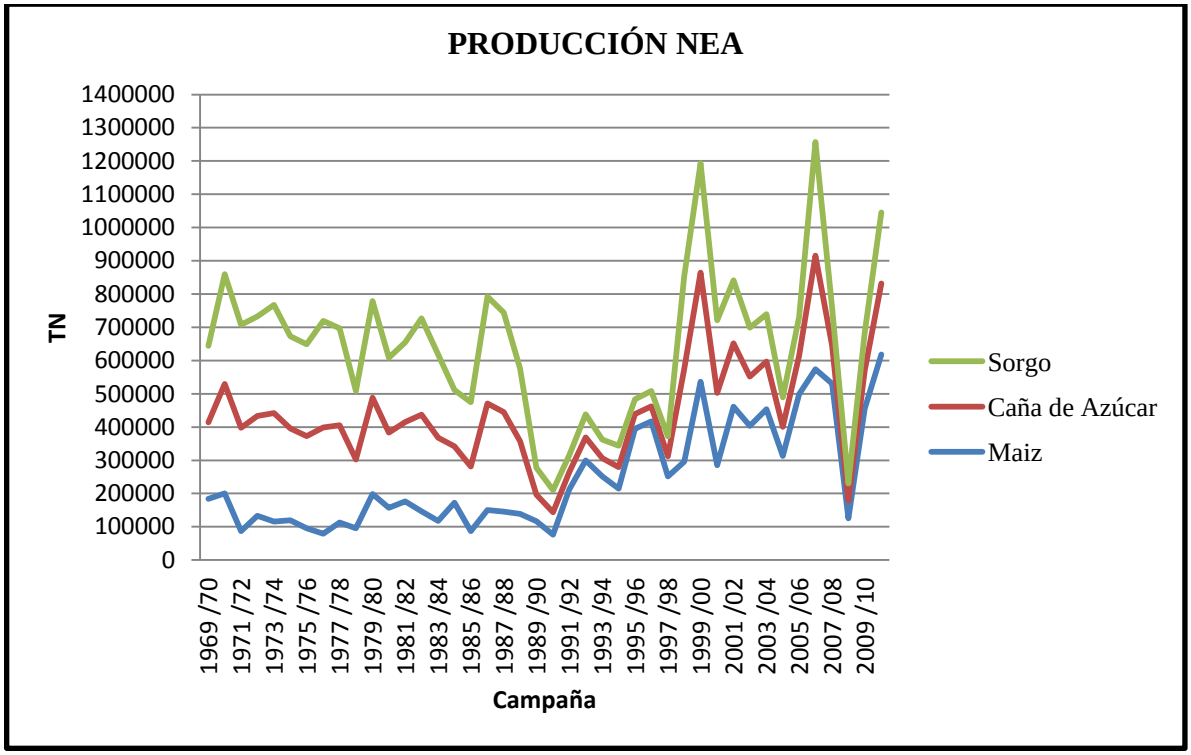


Figura 1.4 Elaboración propia en base a datos de Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Y del Centro Azucarero Argentino.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL SORGO

Planta herbácea de la familia de las gramíneas. Se trata de una planta anual o perenne, herbácea, de tallos erectos y delgados y hojas alargadas. Originario de los trópicos de África y Asia, posee amplia adaptación geográfica y se ha difundido en los cinco continentes.

Se destaca por su alta resistencia a la sequía y altas temperaturas. Su resistencia a la sequía se debe a que este cultivo tiene poca abundancia de hojas, y sus tallos se encuentran protegidos por una cera vegetal.

El cultivo presenta una alta eficiencia en el uso del agua, tiene mayor capacidad de absorción del agua del suelo que el maíz y puede permanecer en estado de latencia durante períodos de sequía prolongados. Este mecanismo de latencia permite detener el crecimiento del cultivo hasta que se reanuden las condiciones adecuadas de humedad.

La temperatura óptima para variedades de alto rendimiento ronda los 25°, pero existen variedades adaptadas para menores temperaturas que generan rendimientos aceptables.

El sorgo se desarrolla bien en casi todos los tipos de suelos, tanto en los suelos arenosos como en los arcillosos, pero lo hace mejor en suelos de textura liviana a media. El sorgo es moderadamente sensitivo a la salinidad. Sus requerimientos de fertilidad son inferiores a los del maíz, relativamente bajos en fosfato y potasio y altos en nitrógeno. El sorgo se utiliza para consumo humano (principalmente en el sur de Asia, África y América Central), para forraje para ganado, para la elaboración de alimentos balanceados para alimentación de bovinos y porcinos y para uso industrial en molienda húmeda (amilasa, bebidas alcohólicas, etc.) y molienda seca (harina).

Los principales beneficios de la inclusión del sorgo en las rotaciones de cultivos son resultantes de la alta cantidad de rastrojo que deja y su lenta descomposición (relación carbono/nitrógeno). Esto permite por un lado contribuir al contenido de materia orgánica del suelo y por otra, mediante labranza conservacionista, es decir manteniendo rastrojos en superficie, disminuir las pérdidas de agua del suelo por evaporación mejorando la infiltración del agua de lluvia.

En cuanto a la producción agrícola Argentina cuenta con los más altos rendimientos en toneladas por hectárea de la región. (Para la región del NEA en cuanto al sorgo de grano se obtienen en promedio 6 tn/ha y con fertilización y riego hay variedades que pueden llegar

desde 8 tn/ha hasta las 12[1] tn/ha. Mientras que para el sorgo azucarado se obtienen en promedio rendimientos de 65tn/ha.[2]

En cuanto a la producción de biocombustibles a partir de variedades de sorgo azucarado, tiene una tasa de conversión a etanol de 70[3] litros por tonelada, mientras que el sorgo granífero tiene una tasa de conversión de 380[1] litros por tonelada.

Sorgo granífero

Figura 1.5 Foto tomada por el auto del presente texto.

[1] Federico Ganduglia, José Guillermo León; Raúl Gasparini y María Elena Rodríguez; Guillermo José Huarte; José Estrada; Ernani Filgueiras - IICA - "Manual de Biocombustibles". Octubre 2009
[2] Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres

Sorgo azucarado

Figura 16 Foto tomada por el auto del presente texto.

A diferencia del sorgo granífero, cuyo mayor contenido de material fermentable se encuentra en el almidón del grano, el sorgo dulce se caracteriza por su alto contenido de azúcares fermentables en el tallo. De este modo, el etanol de sorgo dulce se obtiene a partir de la trituración de los tallos y de la posterior destilación de los jugos dulces obtenidos.

¿POR QUÉ BIOETANOL? SU NECESIDAD A NIVEL NACIONAL Y MUNDIAL.

El incremento de la conciencia y conocimiento de los efectos producidos por la liberación de gases de efecto invernadero a la atmosfera, sumado a Estimaciones que a mediano plazo ya no será posible cubrir la demanda mundial a base de combustibles fósiles, el petróleo y sus derivados, están llevando al mundo a buscar una matriz energética con mayor participación de energías renovables.

La producción de biocombustibles ha despertado gran interés, en los campos económico, social, ambiental, institucional y político.

En primer lugar, los altos "precios del petróleo" 103.3 USD[4] hacen que los países que no son autosuficientes en el suministro de combustibles fósiles inviertan parte de sus divisas en la importación de hidrocarburos.

En el orden social, la necesidad de diversificar las fuentes de energía y de investigar los recursos locales ha repercutido en una mayor generación de empleo, pues ha sido necesario contratar nueva mano de obra para explorar esta posibilidad.

En el aspecto ambiental, los biocombustibles parecen ser menos contaminantes y tienen menor impacto sobre el cambio climático que los combustibles fósiles.

En el corto plazo, por su parte, los acontecimientos políticos influyen de manera decisiva en el proceso de extracción de petróleo, lo que afecta, de forma inmediata, el precio de los combustibles y el costo de producción agrícola, industrial y de servicios. Cada vez que aumenta el precio del petróleo, surge la pregunta sobre su impacto en el crecimiento económico en general.

[4] West Texas Intermediate 01/04/2012

En el grafico siguiente se puede ver la Matriz energética Argentina en 2011.

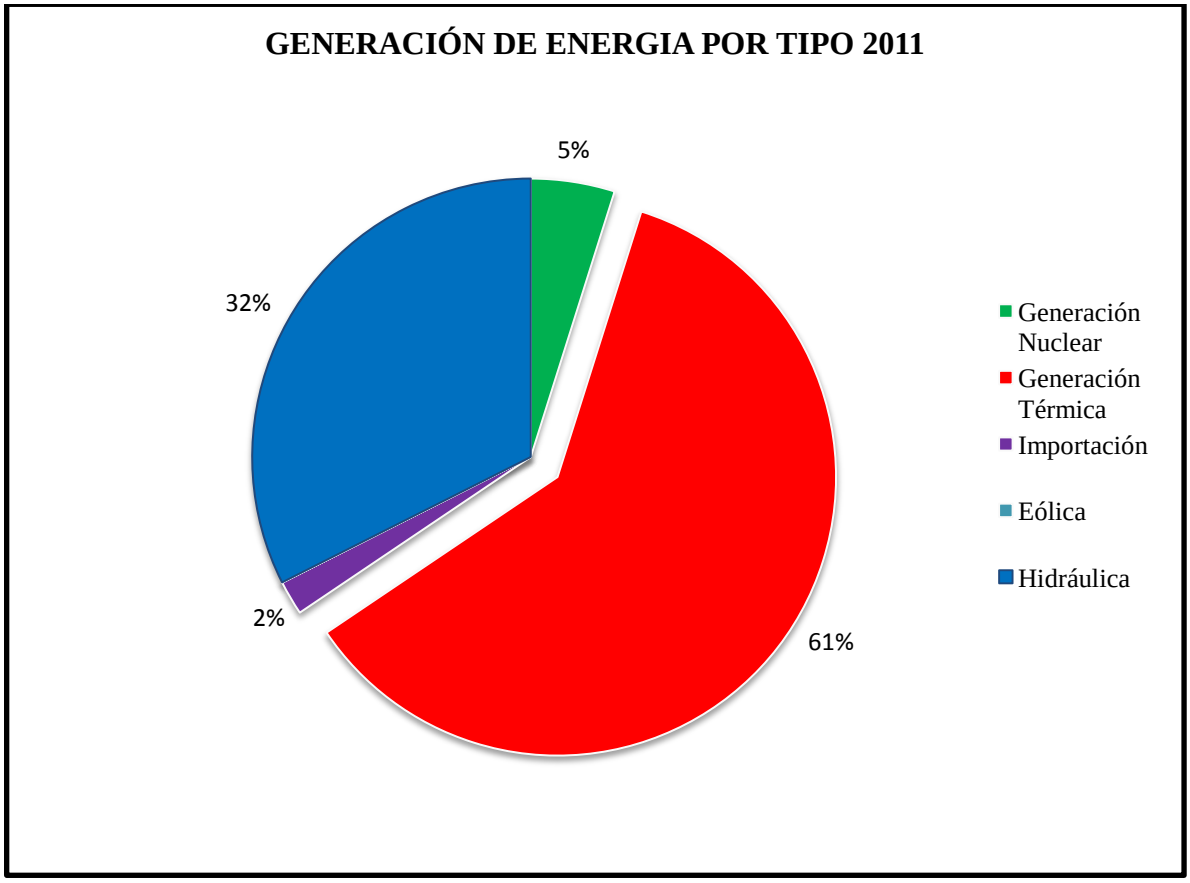


Figura 1.7 Elaboración Propia en base a datos de Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA)

Como es sabido, Argentina es un país hidrocarburo-dependiente, ya que el petróleo y el gas natural satisfacen cerca del 61% de las necesidades energéticas de la estructura socioeconómica nacional. Este dato deja en evidencia una seria preocupación, dado que las reservas certificadas de ambos recursos naturales no renovables estarían agotadas en poco más de una década, teniendo en cuenta la situación actual donde las petroleras presentan un escaso interés respecto a la realización de inversiones de capital de riesgo para incorporar reservas estratégicas, hecho que se viene manifestando desde 1998 hasta hoy.

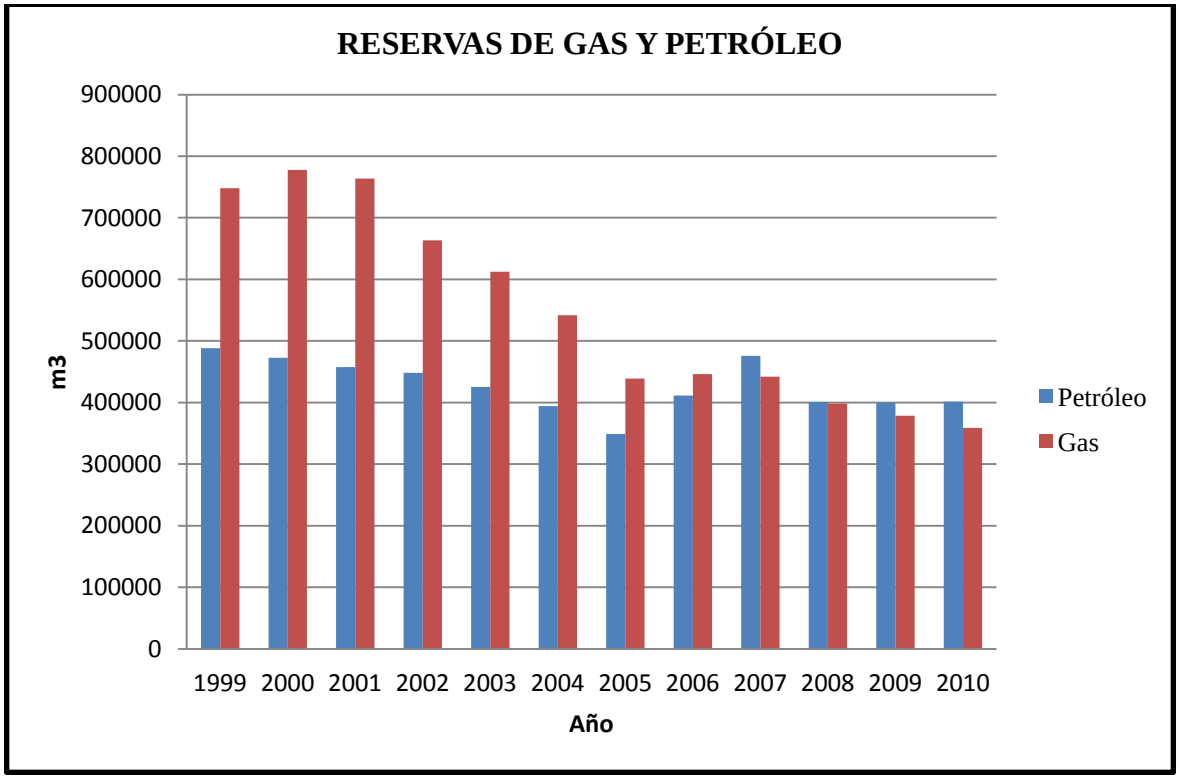


Figura 1.8 Elaboración Propia en base a datos de Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. (IAPG)

Como resultado se tiene una política de explotación basada en extraer prácticamente todo el volumen posible de los pozos anteriormente descubiertos, sin realizar demasiados esfuerzos exploratorios para mantener horizontes de reservas que aseguren el abastecimiento en el largo plazo.

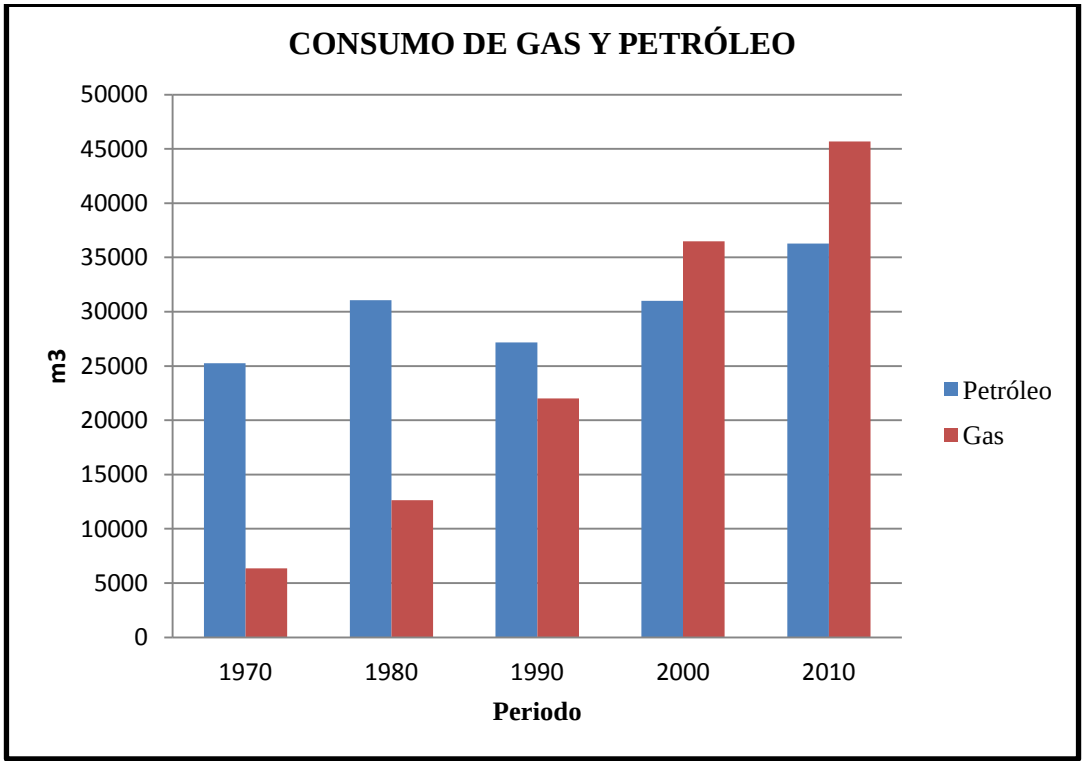


Figura 1.9 Elaboración Propia en base a datos de Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. (IAPG)

Los datos evidencian la necesidad de hacer hincapié en soluciones de largo plazo que permitan reestructurar el consumo de combustibles fósiles, principalmente petróleo y gas natural. A los antes mencionados, debemos agregar un conjunto de desafíos críticos con que comenzó este siglo XXI -en cuestiones de índole económica, de seguridad, social y medioambiental- que han potenciado el interés por los combustibles renovables de origen vegetal o biocombustibles, como son el bioetanol, el biodiesel y el biogás. Cada uno de ellos presenta, en forma separada, un complemento para los combustibles secundarios que se elaboran a partir del petróleo.

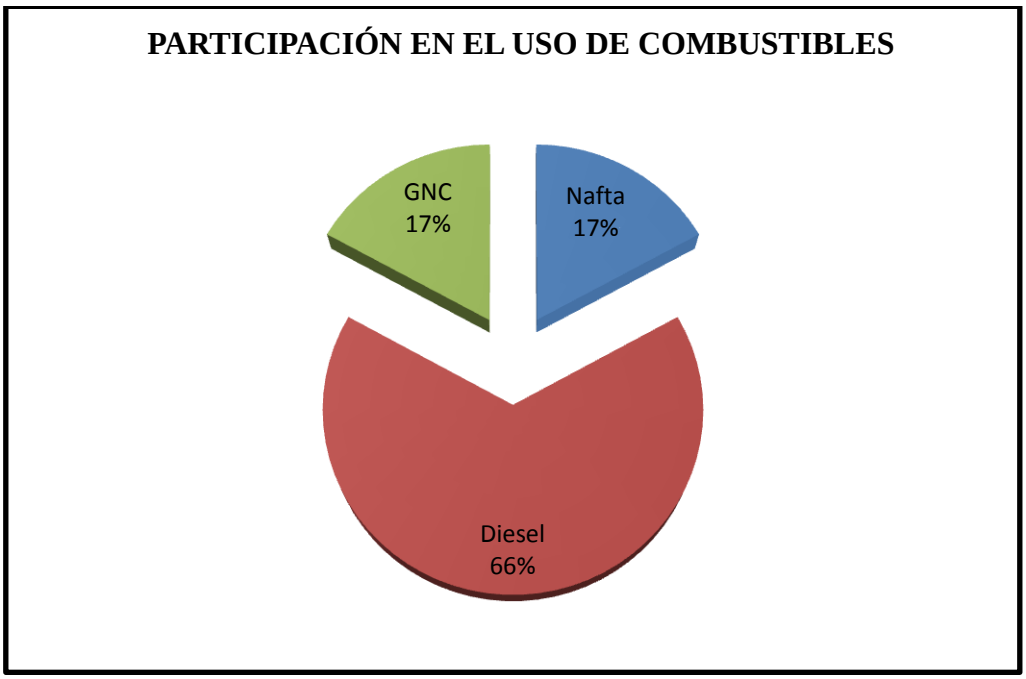
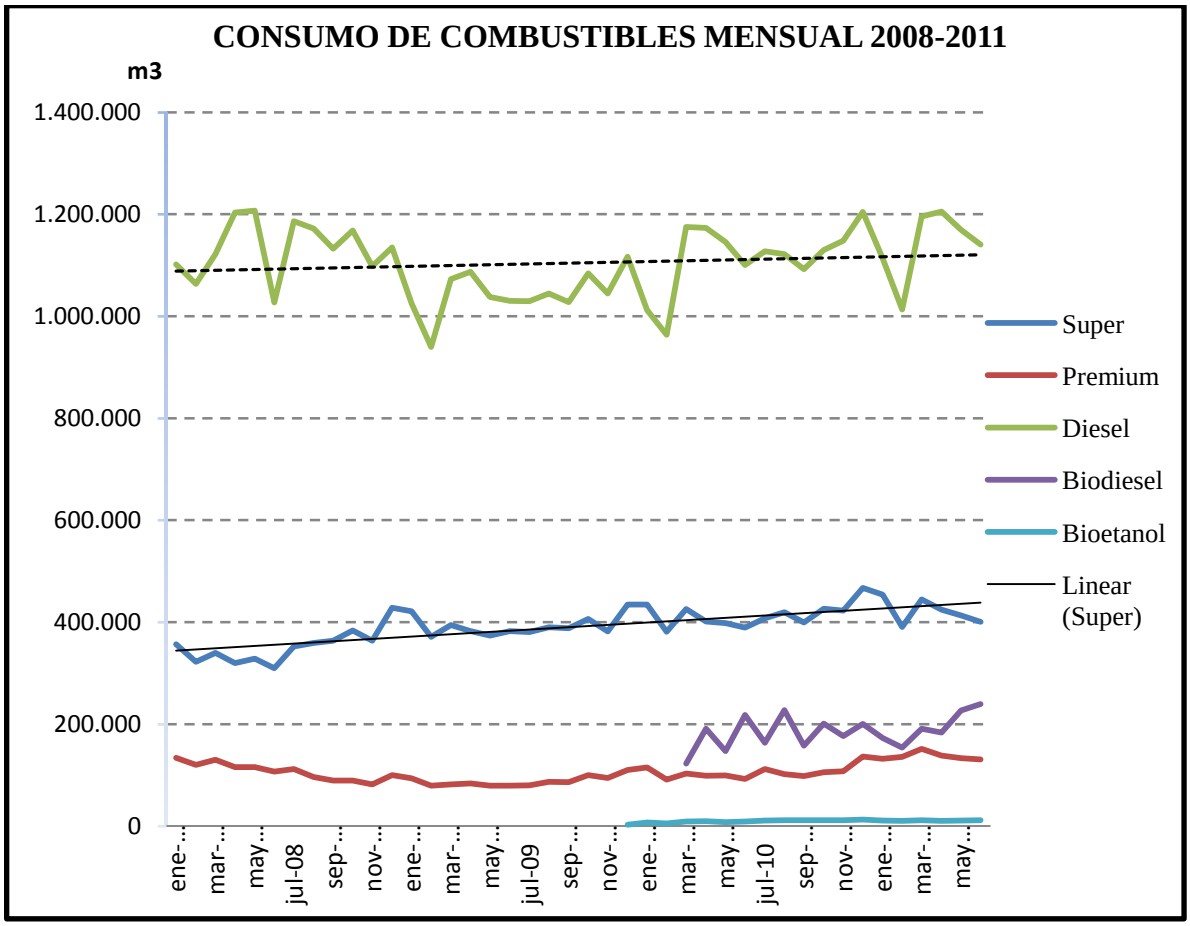


Figura 1.10 Elaboración Propia en base a datos de YPF

Como muestra el grafico, dichos combustibles representa actualmente el 83% de total utilizado en el país, consumiéndose actualmente cerca de 4000 Millones de litros de nafta y 14.000 Millones de litros de gas-oil.[5]

[5] YPF

En el grafico siguiente se muestran el consumo de combustibles por tipo en el país.



1.11 Elaboración Propia en base a datos de YPF

¿QUE SON LOS BIOCOMBUSTIBLES?

Por definición, y tal como su nombre lo indica, se trata de aquellos combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos.

El biodiesel se obtiene a partir del procesamiento de aceites vegetales tanto usados y reciclados como obtenidos directamente de oleaginosas como soja, colza, girasol, cártamo, palma, entre otras. Mezclado con diesel se pueden utilizar en todos los motores diesel sin ninguna modificación, obteniendo rendimientos muy similares.

Los principales jugadores del mercado mundial, con Estados Unidos, la UE y Brasil a la cabeza, están invirtiendo significativos presupuestos en I+D+i, tanto a nivel público como privado, en el marco de amplias plataformas de investigación y desarrollo, multidisciplinarias e integradas, en donde confluyen la botánica, la I+D agrícola, la ingeniería genética, la biotecnología, la biología sintética y la ciencia y tecnología industrial. Este dinámico proceso de investigación y desarrollo tecnológico, y sus consecuentes generaciones de biocombustibles, tiene implicancias directas en cuanto al tipo de materia prima a utilizar.

En Argentina la posibilidad de producir materias primas para la obtención de biocombustibles es favorable para varios cultivos. Se trata de uno de los países con mejores condiciones para generar esa nueva fuente de energía. De hecho, hay gran interés, por parte del sector privado, nacional e internacional, que trabaja en Argentina, en invertir en la producción de biodiesel y bioetanol.

El sector agropecuario tiene un gran potencial como proveedor de materia prima para la generación de energía. Basta mencionar la producción de combustibles sólidos (leña, carbón vegetal y residuos de procesos agroindustriales), gaseosos (biogás) y líquidos (etanol y biodiesel). Sobre estos últimos, en especial en el etanol, se centra la discusión del presente documento.

Existen diferentes criterios para clasificar los biocombustibles:

Según su estado físico	Biocombustibles sólidos: leña, residuos forestales.
	Biocombustibles líquidos: bioetanol, biodiesel, aceites vegetales, MTBE y ETBE.
	Biocombustibles gaseosos: biogás y gasógeno
Según su origen	Agrocombustibles: bioetanol y biodiesel de cultivos anuales o plurianuales como caña de azúcar, remolacha, soja y maíz, colza, sorgo palma, respectivamente.
	Dendrocombustibles: leña.
Según su uso final	Biocombustibles para generación de energía térmica (calórica): leña, biogás.
	Biocombustibles para generación de energía eléctrica: cascarilla de arroz, biogás, bagazo de caña biodiesel para generadores.
	Biocombustibles para trasporte: biodiesel y bioetanol.
Según el proceso de conservación	Procesos químicos: biodiesel por tras esterificación.
	Procesos térmicos: residuos forestales para combustión directa, gas de pirolisis.
	Procesos bioquímicos: biogás por fermentación anaeróbica, etanol.

Tabla 1.2 Fuente Manual de biocombustibles, 2009

Considerando tanto a la materia prima utilizada como a la tecnología de conversión, los biocombustibles pueden clasificarse en las siguientes generaciones: Biocombustibles de primera generación, Biocombustibles de generación 1,5, Biocombustibles de segunda generación, Biocombustibles de tercera generación, Biocombustibles de cuarta generación.

Se definirán los de biocombustibles de primera generación, biocombustibles de generación 1,5, ya que sobre los mismo se tratara en el presente texto.

Biocombustibles de *primera generación*: constituyen la generación actual de biocombustibles, basados en la utilización de materias primas que también tienen usos alimentarios (maíz, caña de azúcar, remolacha azucarera, soja, palma, etc.) y tecnologías sencillas de fermentación (bioetanol) y transesterificación (biodiesel).

Biocombustibles de *generación 1,5*: abarca a los biocombustibles producidos con las tecnologías convencionales y con materias primas alternativas a las de mayor disponibilidad inmediata, menos sensibles a la competencia con la producción de alimentos. Entre estas materias primas se encuentran diversas especies arbustivas o arbóreas perennes y otras alternativas con potencial para desarrollarse en zonas áridas o semiáridas y tierras marginales, degradadas o abandonadas, tales como el ricino, la

Jatropha, el cardo, el sorgo dulce, el topinambur, entre otros. Entre estos cultivos alternativos, el ricino constituye la alternativa más avanzada en cuanto a desarrollo agrícola dada la experiencia vigente en la producción de su aceite, mientras que el resto se encuentra en fases avanzadas de investigación y desarrollo para su producción a escala comercial.

Existen tres biocombustibles principales:

El *biodiesel* se obtiene a partir del procesamiento de aceites vegetales tanto usados y reciclados como obtenidos directamente de oleaginosas como soja, colza, girasol, cártamo, palma, entre otras. Mezclado con diesel se pueden utilizar en todos los motores diesel sin ninguna modificación, obteniendo rendimientos muy similares.

El *biogás* es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos, (bacterias metanógenas, etc.), y otros factores, en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico). Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, actúan este tipo de bacterias, generando biogás. En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural, ya que mezclado con aire puede ser quemado en un amplio espectro de artefactos descomponiéndose principalmente en CO2 y H2O.

El *bioetanol* es un alcohol producido a partir de la fermentación de los azucares. Las Principales materias primas para la producción su producción son:

- AZUCARADAS: Caña de azúcar, Sorgo sacarífero, Remolacha; Jugos de frutas.
- AMILACEAS: Maíz, Sorgo granífero, Trigo; Cebada, Papa, Mandioca.
- CELULÓSICAS: Fibras en general, madera, pastos, residuos celulósicos.

El bioetanol mezclado con la nafta produce un biocombustible de alto poder energético, con características muy similares a la nafta, pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión interna. El combustible resultante se conoce como gasohol (en algunos países, "alconafta"). Dos mezclas comunes son E10 y E85, que contienen el etanol al 10% y al 85%, respectivamente.[6]

También es utilizado con cada vez mayor importancia en la elaboración del Etil tributil éter (ETBE), un aditivo usado para oxigenar la nafta estándar, como reemplazo para el metil tert-butil éter (MTBE), otro aditivo que se está dejando de usar porque produce una

[6] Guía para la construcción de una industria eficiente y sustentable de bioetanol carburante en Argentina. G. Hierro

considerable contaminación del suelo y del agua subterránea. Finalmente el etanol también se utiliza como combustible en celdas de combustión, para la obtención de hidrógeno.[7]

[7] Guía para la construcción de una industria eficiente y sustentable de bioetanol carburante en Argentina. G. Hierro

USOS DEL ETANOL.

El etanol tiene diversos usos industriales por ejemplo, como base en bebidas - cervezas; vinos; licores; etc.-; como combustible o solvente; y como materia prima en varios procesos - tales como la fabricación de perfumes, pinturas, lacas y explosivos- .

A nivel mundial el etanol es usado principalmente como:

- Combustible (o carburante): ya sea para mezclar o reemplazar los derivados del petróleo. El 65% de producción mundial de etanol se usa como combustibles y viene creciendo muy rápidamente, al ritmo del aumento del precio de las naftas y gasolinas, cuyo mercado es enorme (alrededor de 1400 millones de metros cúbicos por año).
- Insumo en la industria procesadora: dado que el 21% de la producción mundial se destina a las industrias de cosméticos, farmacéutica, química, entre otras.
- Insumo en la elaboración de bebidas: que utiliza alrededor del 1% de la producción mundial.

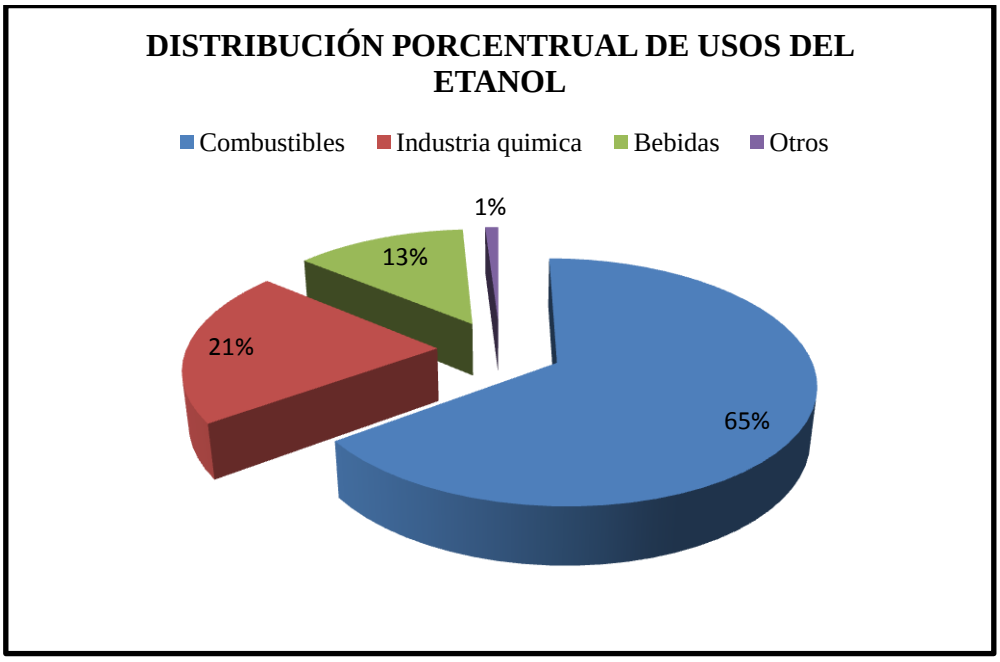


Figura 1.12 Elaboración Propia en base a datos de YPF

Existen tres maneras en que el etanol puede utilizarse como combustible para el transporte, aprovechando sus características como componente oxigenante y antidetonante, con el consiguiente aumento en el número de octanos y mejoramiento en la calidad de las emisiones de la combustión:

(i) como mezcla con las naftas, obteniéndose las mezclas denominadas genéricamente gasohol, naftas que contienen etanol en una proporción del 5.7%, 7.7%, 10% en EE.UU., y un % variable en Brasil;

(ii) como materia prima para la fabricación del ETBE. El etanol se usa en la fabricación de Etil-Tri-Butil-Eter (ETBE), un aditivo suplementario de las naftas que mejora el octanaje de las mismas, reduciendo además el consumo y las emisiones;

(iii) directamente como combustible alternativo para reemplazar las naftas en su formula conocida como "E-85"- mezcla un 85% de etanol y 15% de nafta-. El etanol que se va a utilizar como combustible se lo desnaturaliza agregándole una cantidad pequeña de nafta (alrededor del 3%) con el objeto de hacerlo impropio para el consumo humano. Puede usarse en dos formas básicas: el etanol anhidro, al que se le quita toda el agua y que es usado en las mezclas con las naftas, y el etanol hidratado, que mantiene agua en su composición, para ser usado como un combustible autónomo (95% etanol).

Ventajas del etanol como carburante:	**Desventajas del etanol como carburante:**
Puede ser producido a partir de fuentes renovables.	Presenta una menor densidad de energía que las naftas, contiene dos terceras partes de la energía contenida para el mismo volumen de nafta (se requiere mayor consumo).
Es un combustible líquido y puede ser manejado tan fácilmente como las naftas y el diesel.	Usado en altas concentraciones, presenta problemas de corrosión en determinadas partes mecánicas y sellos.
Presenta un alto índice de octanos (105) favoreciendo la combustión y evitando el “pistoneo”.	Mezclado con la nafta en un 15% o más, requiere una adecuada modificación de los motores.
Produce menos dióxido de carbono al quemarse que la nafta, aunque el impacto total depende del proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos.	Presenta dificultades para encender en climas fríos, en estado puro, como E-100.
No emite compuestos de azufre.	Genera emisiones altamente volátiles.
Genera menores emisiones de monóxido de carbono cuando se usa como aditivo de las naftas.	Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos.
Resulta menos inflamable que los combustibles derivados del petróleo y presenta una baja toxicidad.	
Mezclado con la nafta hasta un 10%, no requiere de ninguna modificación en los vehículos para su uso.	
El ETBE (obtenido a partir del etanol) es oxigenante de naftas muchos menos contaminante que el MTBE.	

Tabla 1.2 Elaboración propia

PRODUCCION DE ETANOL.

Cerca del 95% del etanol producido actualmente se obtiene a partir de procesos de fermentación biológica (también llamando etanol de fermentación o etanol renovable), mientras que el 5% restante proviene de derivados del petróleo (como el etileno) o del carbón (también conocido como etanol sintético o etanol no renovable).

El etanol renovable puede producirse a partir de cualquier feedstock biológico que contenga cantidades apreciables de azúcar o materiales que puedan convertirse en azúcares simples como el almidón o la celulosa.

Existen tres materias primas principales para la elaboración de bioetanol:

- Sacarosas, que se encuentran en la caña de azúcar, la melaza, el sorgo dulce, remolacha azucarera, etc. El etanol puede obtenerse a partir de la melaza (un subproducto derivado de la obtención de azúcar) con un rendimiento estimado en 11 litros de alcohol por tonelada de caña, o bien directamente del jugo de caña (sin obtención de azúcar) con un rendimiento mucho mayor, de aproximadamente 85 litros por tonelada de caña.

- Almidones, que se encuentran en cereales (maíz, trigo, sorgo, cebada, etc.) y tubérculos (yuca, camote, papa, pataca, etc.). Los almidones contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples mediante un proceso de conversión (sacarificación, a través de la hidrólisis) introduciendo un paso adicional en la producción de etanol, con lo que se incrementan los costos de capital y de operación.

- Celulosa, que se encuentra en la madera, residuos agrícolas y forestales. Las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión a carbohidratos fermentables sea difícil y costosa. Es importante destacar que la producción mundial de celulosa asciende a 100 mil millones de TN por año, de los cuales se estima que solo es utilizado el 11%.

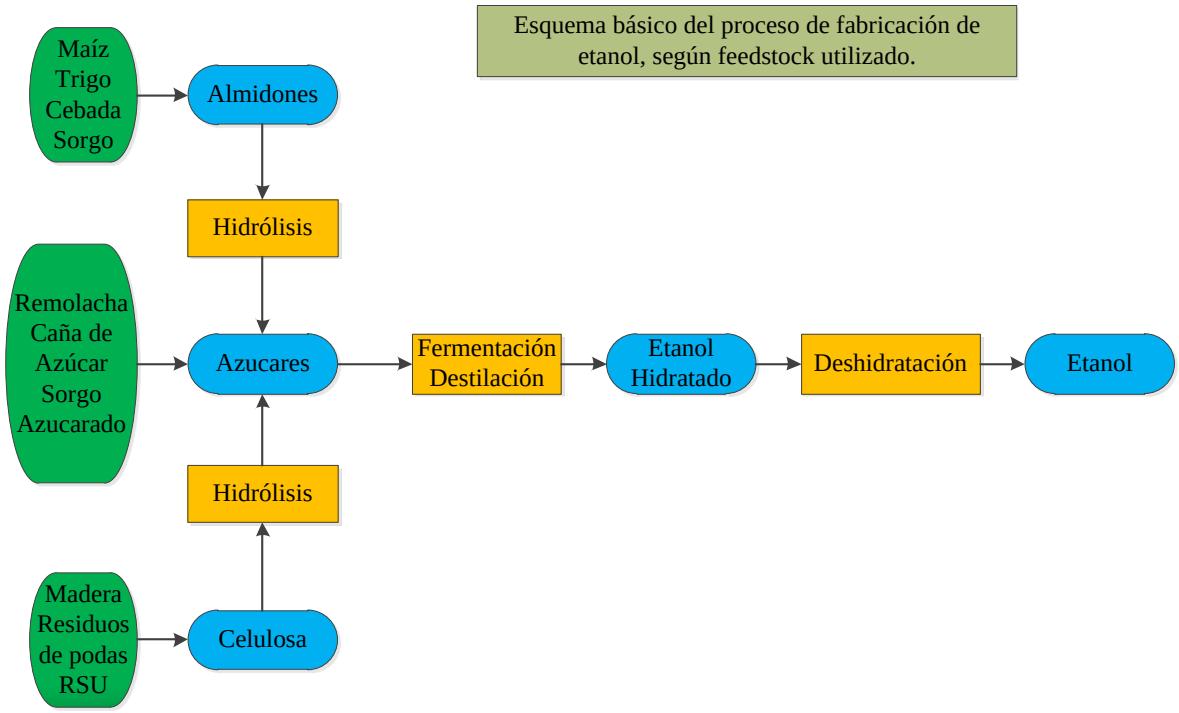


Figura 1.13 Elaboración propia

La producción de etanol a parir de caña de azúcar y almidón de maíz puede describirse como un proceso compuesto de cinco etapas principales: Acondicionamiento de la materia prima, hidrólisis, fermentación, separación y deshidratación, y tratamiento de efluentes o restos del proceso, en el caso de los granos DDGS y en el caso de la caña o sorgo azucarado, el bagazo o rastrojo.

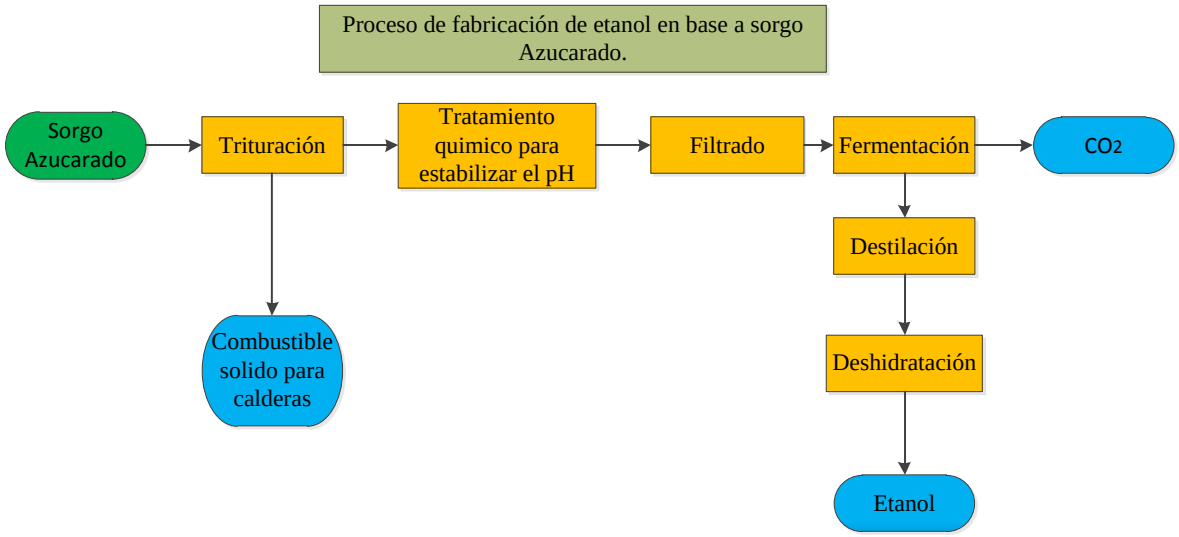


Figura 1.4 Elaboración propia

- Trituración: se procede al acondicionamiento, el cual consiste de un lavado inicial de la caña con agua a 40ºC y posteriormente una molienda o trituración donde se extrae el jugo azucarado con agua a 60ºC, retirando como subproducto el bagazo con un contenido en fibra de alrededor del 46%, que puede ser utilizado en la generación de vapor.

- Tratamiento químico para estabilizar el pH: El jugo de caña obtenido se somete a un proceso de clarificación en el que se le agrega óxido de calcio y una pequeña porción de ácido sulfúrico con el fin de disminuir el pH a 4,5 y provocar la hidrólisis de la sacarosa en hexosas.

- Filtrado: En el recipiente clarificador se precipita un lodo, que debe ser retirado y enviado a un filtro rotatorio al vacío. De este filtro se obtiene una torta conocida como cachaza y un filtrado que es retornado al recipiente de clarificación. Finalmente el jugo proveniente de la clarificación es esterilizado a 105ºC y enviado a la fermentación, a la cual debe ingresar con un contenido en azúcares entre 130-180 g/L [4].

- Fermentación: En esta etapa se lleva a cabo la fermentación de glucosa y una parte de la fructosa en etanol y dióxido de carbono, mediante la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que es continuamente recirculada desde una centrífuga ubicada aguas abajo del fermentador. Los gases formados en la fermentación son retirados y

enviados a una torre de adsorción en la cual se debe recuperar el 98% en masa del etanol arrastrado.

- Destilación y deshidratación: La destilación y la adsorción con tamices moleculares se usan para recuperar el etanol del caldo de fermentación obteniéndose etanol a 99,5% en peso de pureza. La destilación se lleva a cabo en dos columnas, la primera remueve el CO2 disuelto (que es enviado a la torre de absorción) y la mayoría del agua obteniéndose un destilado con 50% en peso de etanol y unos fondos con una composición inferior al 0,1% en peso; en esta columna se alimenta junto al caldo de fermentación el etanol recuperado en la absorción proveniente de los gases de fermentación. La segunda columna concentra el etanol hasta una composición cercana a la azeotrópica[8]. El agua restante es removida de la mezcla mediante adsorción en fase vapor en dos lechos de tamices moleculares. El producto de la regeneración de los tamices es recirculado a la segunda columna de destilación.

[8] Una composición azeotrópica es una mezcla líquida de dos o más componentes que posee un único punto de ebullición constante y fijo, y que al pasar al estado gaseoso se comporta como un compuesto puro, es decir como si fuese un solo componente.

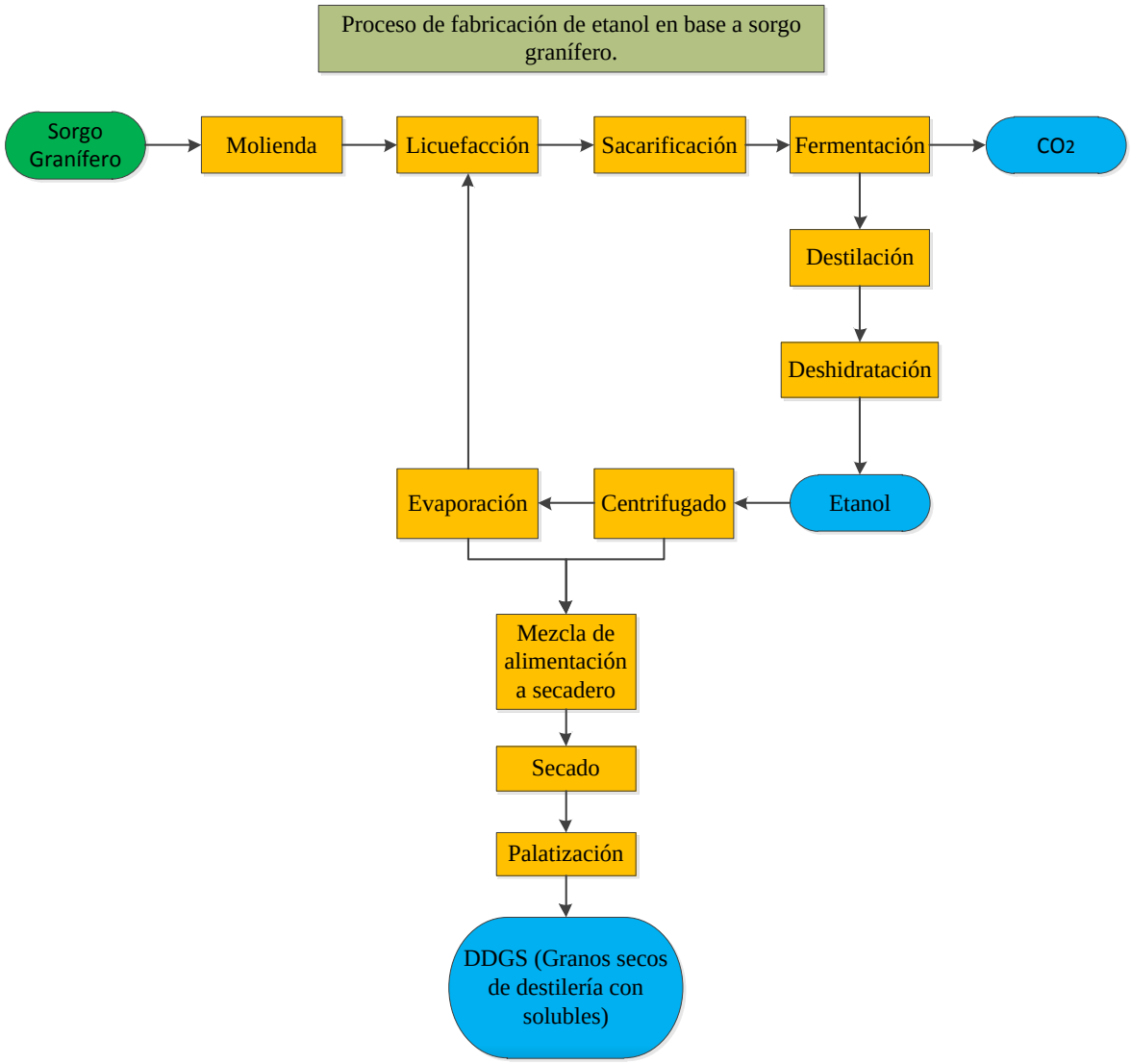


Figura 1.15 Elaboración propia

- Molienda: El proceso de molienda seca comienza con la limpieza del grano de sorgo (puede ser cebada, trigo o maíz), que una vez limpio pasa a través de los molinos que lo muelen en un polvo fino –harina de Sorgo-.

- Licuefacción: La harina de sorgo se sopla en grandes tanques donde se la mezcla con agua y las enzimas –amilasa alfa- y pasa a través de las cocinas donde se licueface el almidón. A la mezcla se le agregan componentes químicos para mantenerla con un pH de 7. En esta etapa se aplica calor para permitir la licuefacción, en una primera etapa a alta temperatura (120-150ºC) y luego a

temperatura más baja (95ºC). Estas altas temperaturas reducen los niveles de bacterias presentes en el puré o mosto.

- Sacarificación: El puré de las cocinas luego es refrescado –a una temperatura levemente debajo del punto de ebullición del agua- y se le agrega una enzima secundaria –glucoamilasa- para convertir las moléculas del almidón licuado en azúcares fermentables –dextrosa- mediante el proceso de sacarificación. Las enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios químicos.

- Fermentación: El etanol es producto de la fermentación. Al puré se le agrega levadura para fermentar los azúcares –cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono- y con ello obtener el etanol y el anhídrido carbónico. Usando un proceso continuo, el puré fluirá a través de varios fermentadores hasta que fermente completamente. En este proceso el puré permanece cerca de 48 horas antes que comience el proceso de destilación. En la fermentación, el etanol conserva mucha de la energía que estaba originalmente en el azúcar, lo cual explica que el etanol sea un excelente combustible.

- Destilación: El puré fermentado, ahora llamado cerveza, contendrá alcohol –cerca del 15%- y agua –al 85%-, así como todos los sólidos no fermentables del sorgo y de la levadura. El puré entonces será bombeado a un flujo continuo, en el sistema de la columna de destilación, donde la cerveza se hierve, separándose el alcohol etílico de los sólidos y del agua. El alcohol dejará la columna de destilación con una pureza del 90 al 96%, y el puré de residuo, llamado stillage, será transferido de la base de la columna para su procesamiento como subproducto.

- Deshidratación: El alcohol pasa a través de un sistema que le quita el agua restante. La mayoría de las plantas utilizan un tamiz molecular para capturar las partículas de agua que contiene el etanol al momento de salir del sistema de destilación. El alcohol puro, sin el agua, se lo denomina alcohol anhidro.

- Desnaturalizado: El etanol que será usado como combustible se debe desnaturalizar con una cantidad pequeña (2-5%) de algún producto, como nafta, para hacerlo no apto para el consumo humano.

- Subproductos: Hay dos subproductos principales del proceso: el anhídrido carbónico y los granos destilados. El anhídrido carbónico se obtiene en grandes cantidades durante la fermentación. Muchas plantas lo recogen, lo limpian de

cualquier alcohol residual, lo comprimen y lo venden para ser usado como gasificante de las bebidas o para congelar carne. Los granos destilados, húmedos y secos –DDGS[9]-, se obtienen del stillage, el cual se centrífuga para separar los sólidos suspendidos y disueltos. Un evaporador se utiliza para concentrar los sólidos suspendidos y disueltos y después se envían a un sistema de secado para reducir el contenido de agua a aproximadamente un 10/12%. Los DDGS contienen el núcleo del maíz menos el almidón. Algunas plantas también elaboran un jarabe que contiene algunos de los sólidos que pueden ser comercializados juntos o en forma independiente de los granos destilados.

DDGS de maíz

Figura 1.16 Imagen provista por Ricardo Negri, tomada en una visita a una planta de etanol, en EEUU

[9] Grano seco de destilería con solubles.

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL.

Para poder comparar de la manera más correcta la producción de etanol en base a sorgo azucarado y sorgo granífero, se estudiaran cada una como un complemento de las plantas de etanol a base de caña de azúcar y de maíz respectivamente.

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA FABRICA DE ETANOL BASE A MAÍZ Y SORGO GRANÍFERO.

El costo de la materia prima, ya sea maíz o sorgo, que la planta tendrá que afrontar se puede calcular en 2 escenarios diferentes:

(I) El primer escenario consiste en producir el grano propio, en tierras que pueden ser propias o no de la empresa, esto produce una modificación en la tabla de costos, ya que abría que agregar el rubro de arrendamiento si no lo es. Sin embargo, observando el objetivo final de la tesis que es realizar una comparación el rubro se agregaría para ambos cultivos, por lo que el resultado no se modificaría. Por lo que se decide usar el cálculo para tierras propias, con lo que se adquiriría el grano a un costo de trasferencia.

(II) En el segundo escenario se analiza la compra directa de los granos en el mercado. Para calcular el costo en este caso, se debe tomar el precio de referencia en el mercado de grano[10] descontándole el costo del flete[11] hasta el puerto de Rosario. Como resultado se obtiene el dinero percibido por el productor al vender la cosecha.

Un punto clave a tener en cuenta entonces es que mientras más alejado del puerto menor será el costo de la materia prima. Además para evitar innecesarios costos de trasportar el scrap o restos de proceso de proceso industrial, conviene trasportar el alcohol en lugar del grano[12]. Y además asumiendo los costos de transporte del grano están a cargo del productor, la planta se debe localizar lo más próximo a la producción de los granos, para que este también se vea beneficiado.

El último factor a tener en cuenta es el consumo propio o utilización de los DDGS si la planta cuenta con un sector de engorde a corral, o de lo contrario la venta del los mismos de ser así se debe localizar la planta próxima a feedlots o tambos en la región.

Entonces para cumplir con las condiciones antes mencionadas la localización ideal de la planta seria en los alrededores del departamento de General Belgrano Provincia de Chaco.

[10] Bolsa de Comercio de Rosario
[11] Roagro Corredora de Granos
[12] 1 ton de alcohol se vende aproximadamente en $4520 ($4,52/litro*1000). -
Una ton de sorgo se vende a precio de pizarra $600 (BCR cotización del sorgo 06 de junio de 2012).
Una ton de maíz se vende a precio de pizarra $715 (BCR cotización del sorgo 19 de enero de 2012)

De esta forma se lograría proximidad a los feedlots de la provincia, así como a los tambos tanto en Chaco, como en el norte de la provincia de Santa fe.

Engorde a corral Base a DDGS

Figura 2.1 Imagen provista por Ricardo Negri, tomada en una visita a una planta de etanol, en EEUU

Cabe señalar que al estudiar la factibilidad de un proyecto para montar una planta productora de etanol, sería bueno estudiar de agregar junto a la misma un tambo o un feedlot.

ANALISIS DE ECENARIOS PROPUESTOS

(I) Análisis del primer escenario, en el cual la planta cultiva en tierras propias el maíz y el sorgo.

Para calcular el costo de producción del maíz y sorgo se toma como dato las tablas de costos de producción de la revista Agromercado para el norte de la Provincia de Buenos Aires, sur de santa fe con labranza tradicional. Mientras que para el sorgo se toma como dato las tablas de costos de producción de la revista Agromercado para la provincia de Entre Ríos. En ambos casos el costo de flete se calcula con una distancia promedio de 200km a partir de la tabla de CATAC.

Maíz		Costo	Obs
cosecha (1)	USD/ha	103,23	7,2%I.B.
costo arada UTA	USD	31,98	
disco doble acción		19,19	0,6 UTA
disco doble con rabasto o rolo		20,79	0,65 UTA
cincel con peine		30,38	0,95 UTA
siembra		23,99	0,75 UTA
escardillo		15,99	0,50 UTA
Total labranzas (2)	USD/ha	110,34	3,45 UTA
semilla		104,00	1 bolsa/ha
cuaresmilla		4,18	16 cc/ha
PDA		80,00	100 kg/ha
glifosato			
2-4D 100%			
Atrazina		6,96	2,5 l/ha
Acetoclor		11,00	2 l/ha
Merlín			
cipermetrina		0,60	100 cc/ha
Equip WG 30% superficie		10,26	
aplicaciones de herbicidas		10,39	
urea granulada		76,80	
aplicación de urea		11,19	
Total siembra y fertilización (3)	USD/ha	315,38	
Gastos estructura (4)	USD/ha	152,00	
Total gastos directos	USD/ha	**680,95**	(1)+(2)+(3)+(4)

Tabla 2.1 Elaboración propia en base a datos de la revista Agromercado.

Sorgo Granífero		Costo	Obs
cosecha (1)	USD/ha	51,85	76,1%I.B.
costo arada UTA	USD	37,29	
disco doble con rabasto o rolo		24,24	0,65 UTA
cincel con peine			
rastra de dientes/rolo/rabasto		22,37	0,60 UTA
arado discos/doble acción pesada/múltiple		37,29	1,00 UTA
siembra		27,97	0,75 UTA
escardillo / aporque		18,64	0,50 UTA
Total labranzas (2)	USD/ha	130,51	3,50 UTA
semilla		24,00	8 kg/ha
PDA		40,00	50 kg/ha
urea granulada		56,00	80 kg/ha
Atrazina		11,13	4 l/ha
glifosato			
2-4D 100%			
cipermetrina		1,20	200 cc/ha
insecticida		3,80	500 cc/ha
aplicación de agroquímicos		33,56	0,90 UTA
Total siembra y fertilización (3)	USD/ha	169,69	
Gastos estructura (4)	USD/ha	123,00	
Total gastos directos	USD/ha	**475,05**	(1)+(2)+(3)+(4)

Tabla 2.2 Elaboración propia en base a datos de la revista Agromercado.

Para calcular estos costos se usó la tabla de referencias UTA (unidad de trabajo agrícola) que toma como referencia los costos de arado con reja.

El costo del flete, calculado con la tabla de CATAC 2012, publicada por ROAGRO arroja el siguiente resultado:

		Costo	Distancia
Flete corto	$/tn	36,22	20 km
Flete largo	$/tn	127,96	200 km
Total flete	$/tn	164,18	

Tabla 2.3 Elaboración propia en base a datos de Tarifas CATAC.

Para trabajar solo en dólares, se utilizara la tasa de conversión oficial al 12 de junio de 2012 de 4,5$ = 1 USD.

		Costo	Distancia
Flete corto	USD/tn	8,05	20 km
Flete largo	USD/tn	28,44	200 km
Total flete	USD/tn	36,48	

Tabla 2.4 Elaboración propia en base a datos de Tarifas CATAC.

Únicamente se va a considerar el flete largo, asumiendo que el flete corto se suprime porque se entrega directo a la planta sin acopiar.

Finalmente el costo del maíz y del sorgo con un escenario de rendimiento promedio por hectárea, expresados en ton/ha arroja el siguiente resultado:

		Costo (USD/tn)	
Maíz	tn/ha	Sin flete	Con flete
Rendimiento promedio	8,5	80,11	108,55

Tabla 2.5 Elaboración propia en base a datos de Tarifas CATAC.

		Costo (USD/tn)	
Sorgo	tn/ha	Sin flete	Con flete
Rendimiento promedio	6	79,18	107,61

Tabla 2.6 Elaboración propia en base a datos de Tarifas CATAC.

(II) El segundo escenario a analizar, es adquirir el Maíz y el sorgo comprándolo directamente al productor, según valores del mercado (Bolsa de Comercio de Rosario).

En este segundo escenario la planta compraría maíz y sorgo según precios del mercado a término, para lo cual se toma la cotización de pizarra (19 de enero de 2012 para maíz y 06 de junio de 2012 para el sorgo).

Para el maíz se tiene un precio de pizarra de $715/ton[13] (que al cambio de 1USD=$4,50 serían USD158,89) y para el sorgo $600/ton[12] (al cambio oficial serian USD133,33/tn) deberíamos deducir el flete que pagaría el productor al puerto de Rosario, para lo que

[13] Bolsa de Comercio de Rosario

tomamos una distancia media de 779km (USD82.48/ton)[14] y sumarle el flete medio a la planta de 200 km (USD28.44/ton)[13], también una bonificación sobre el valor del flete a Rosario del 20% (USD10,81/ton) que le haríamos al productor para que le sea conveniente venderle ese maíz a la planta y no enviarlo al puerto.

Además el productor tiene la ventaja adicional de no pagar retenciones.

Maíz		Valor
Precio Rosario	USD/tn	158,89
Flete a puerto (distancia media 779km)		-82,48
Flete largo 200km (a la planta)		28,44
Bonificación al productor 20%		10,81
Costo bruto de la MP		115,66
Gastos de comercialización (2% precio)		2,31
Costo Neto MP puesta en la planta	USD/tn	117,97

Tabla 2.7 Elaboración propia tarifas CATAC y Bolsa de Comercio de Rosario.

Sorgo		Valor
Precio Rosario	USD/tn	133,33
Flete a puerto (distancia media 779km)		-82,48
Flete largo 200km (a la planta)		28,44
Bonificación al productor 20%		10,81
Costo bruto de la MP		90,10
Gastos de comercialización (2% precio)		1,80
Costo Neto MP puesta en la planta	USD/tn	91,90

Tabla 2.8 Elaboración propia tarifas CATAC y Bolsa de Comercio de Rosario.

Por último debemos descontar los gastos de comercialización del 2%.

El costo total para la planta de comprar a los productores sería USD 117,97 por tonelada de maíz y de USD 91,90 por tonelada de sorgo.

[14] Roagro Corredora de Granos (2012) "Tarifas Transporte CATAC", Rosario.

DESARROLLO DEL COSTO TOTAL POR LITRO DE ETANOL EN BASE A GRANO.

En esta etapa se calcularán los costos de producción y los finales por litro, según la estructura para una planta de molienda húmeda, del cual se obtiene como sub producto 66% del peso de los granos en DDGS. Se expresan los costos en USD/litro.

A continuación se plantearán los costos para los dos escenarios antes planteados, el primero de producir los granos y el segundo de adquirir la materia prima.

Se considera que para el etanol producido en base a maíz se pueden obtener 420[15] l/tn y para el etanol obtenido en base a sorgo granífero se pueden obtener 380[16] l/tn.

Para valorar los DDGS[17] en el mercado, se realizo una encuesta a productores y trabajadores del CREA[18]. Se llego a que el DDGS[14] de maíz se valúa a un precio de 80% del costo del grano sin procesar. Y los DDGS[14] de sorgo se valúan en un 75% del los DDGS[14] de maíz.

Como resultado del primer escenario se obtiene un costo por litro de producir etanol en base a maíz de 0,290 USD/lt y en base a sorgo granífero de 0,339 USD/lt

Como resultado del segundo escenario se obtiene un costo de 0,310 USD/lt para etanol producido en base a maíz y de 0,301 USD/lt para etanol producido en base a sorgo granífero.

[15] Pablo A. Trabattoni. Universidad Austral. "Análisis de los costos industriales de producción del etanol a partir de maíz en la Argentina". Junio 2008
[16] Federico Ganduglia, José Guillermo León; Raúl Gasparini y María Elena Rodríguez; Guillermo José Huarte; José Estrada; Ernani Filgueiras - IICA - "Manual de Biocombustibles". Octubre 2009
[17] Grano Seco de Destiladores con Solubles
[18] Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola

Escenario número 1, producción de etanol en base a granos de producción propia.

Maíz				
Materias Primas y Gastos		**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal	kg	2,083	0,109	0,226
Enz. Alfa Amilasa - Spezyme/Termamyl		0,001	6,450	0,007
Ac. Sulfúrico		0,000	0,400	0,000
Enz. Gluco Amilasa - Optidex		0,003	3,150	0,010
Soda Caustica		0,002	0,778	0,001
Antibiótico		0,000	200,000	0,002
Úrea		0,001	0,889	0,000
Agua				0,002
Desnaturalizante				0,014
Levadura		0,001	10,000	0,006
levaduras y otros quim				
Subtotal				0,269
Energía Eléctrica		0,300	0,080	0,024
Gas		0,240	0,222	0,053
Elect+gas				0,077
Mano de Obra Directa - Alcohol	USD	0,003	13,333	0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol	USD	0,000	13,333	0,006
Subtotal				0,120
Mano de Obra Indirecta		1,000	0,003	0,003
Gastos Generales Propios		1,000	0,004	0,004
Gastos Generales		1,000	0,008	0,008
Amortizaciones		1,000	0,016	0,016
Subtotal				0,031
Costo bruto de producción				0,420
Retornos:				
DDGS Maíz		1,373	0,094	-0,130
Costo neto de producción	**USD/lt**			**0,290**

Tabla 2.9 Elaboración propia en base a datos proporcionados por empresa del sector que solicito confidencialidad del nombre.

Sorgo Granífero			
Materias Primas y Gastos	**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal kg	2,381	0,108	0,256
Enz. Alfa Amilasa - Spezyme/Termamyl	0,001	6,450	0,007
Ac. Sulfúrico	0,000	0,400	0,000
Enz. Gluco Amilasa - Optidex	0,003	3,150	0,010
Soda Caustica	0,002	0,778	0,001
Antibiótico	0,000	200,000	0,002
Úrea	0,001	0,889	0,000
Agua			0,002
Desnaturalizante			0,014
Levadura	0,001	10,000	0,006
levaduras y otros quim			
Subtotal			0,299
Energía Eléctrica	0,300	0,080	0,024
Gas	0,240	0,222	0,053
Elect+gas			0,077
Mano de Obra Directa - Alcohol	0,003	13,333	0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol	0,000	13,333	0,006
Subtotal			0,120
Mano de Obra Indirecta	1,000	0,003	0,003
Gastos Generales Propios	1,000	0,004	0,004
Gastos Generales	1,000	0,008	0,008
Amortizaciones	1,000	0,016	0,016
Subtotal			0,031
Costo bruto de producción			0,450
Retornos:			
DDGS Sorgo	1,569	0,071	-0,111
Costo neto de producción USD/lt			**0,339**

Tabla 2.10 Elaboración propia en base a datos proporcionados por empresa del sector que solicito confidencialidad del nombre.

Segundo escenario, producción de etanol en base a materia prima adquirida en el mercado.

Maíz				
Materias Primas y Gastos		**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal	kg	2,083	0,118	0,246
Enz. Alfa Amilasa - Spezyme/Termamyl		0,001	6,450	0,007
Ac. Sulfúrico		0,000	0,400	0,000
Enz. Gluco Amilasa - Optidex		0,003	3,150	0,010
Soda Caustica		0,002	0,778	0,001
Antibiótico		0,000	200,000	0,002
Úrea		0,001	0,889	0,000
Agua				0,002
Desnaturalizante				0,014
Levadura		0,001	10,000	0,006
levaduras y otros quim				
Subtotal				0,289
Energía Eléctrica		0,300	0,080	0,024
Gas		0,240	0,222	0,053
Elect+gas				0,077
Mano de Obra Directa - Alcohol	USD	0,003	13,333	0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol	USD	0,000	13,333	0,006
Subtotal				0,120
Mano de Obra Indirecta		1,000	0,003	0,003
Gastos Generales Propios		1,000	0,004	0,004
Gastos Generales		1,000	0,008	0,008
Amortizaciones		1,000	0,016	0,016
Subtotal				0,031
Costo bruto de producción				0,439
Retornos:				
DDGS Maíz		1,373	0,094	-0,130
Costo neto de producción	**USD/lt**			**0,310**

Tabla 2.11 Elaboración propia en base a datos proporcionados por empresa del sector que solicito confidencialidad del nombre.

Sorgo			
Materias Primas y Gastos	**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal kg	2,381	0,092	0,219
Enz. Alfa Amilasa - Spezyme/Termamyl	0,001	6,450	0,007
Ac. Sulfúrico	0,000	0,400	0,000
Enz. Gluco Amilasa - Optidex	0,003	3,150	0,010
Soda Caustica	0,002	0,778	0,001
Antibiótico	0,000	200,000	0,002
Úrea	0,001	0,889	0,000
Agua			0,002
Desnaturalizante			0,014
Levadura	0,001	10,000	0,006
levaduras y otros quim			
Subtotal			0,262
Energía Eléctrica	0,300	0,080	0,024
Gas	0,240	0,222	0,053
Elect+gas			0,077
Mano de Obra Directa - Alcohol	0,003	13,333	0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol	0,000	13,333	0,006
Subtotal			0,120
Mano de Obra Indirecta	1,000	0,003	0,003
Gastos Generales Propios	1,000	0,004	0,004
Gastos Generales	1,000	0,008	0,008
Amortizaciones	1,000	0,016	0,016
Subtotal			0,031
Costo bruto de producción			0,412
Retornos:			
DDGS Sorgo	1,569	0,071	-0,111
Costo neto de producción USD/lt			**0,301**

Tabla 2.12 Elaboración propia en base a datos proporcionados por empresa del sector que solicito confidencialidad del nombre.

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA FABRICA DE ETANOL BASE A CAÑA DE AZUCAR Y SORGO SACARIFERO.

El costo de la materia prima, ya sea caña o sorgo, que la planta tendrá que afrontar se puede calcular en 2 escenarios diferentes:

(I) El primer escenario consiste en producir la materia prima, en tierras que pueden ser propias o no de la empresa, esto produce una modificación en la tabla de costos, ya que abría que agregar el rubro de arrendamiento si no lo es. Sin embargo, observando el objetivo final de la tesis que es realizar una comparación el rubro se agregaría para ambos cultivos, por lo que el resultado no se modificaría. Por lo que se decide usar el cálculo para tierras propias, con lo que se adquiriría la caña de azúcar y el sorgo azucarado a un costo de trasferencia.

(II) En el segundo escenario se analiza la compra directa a los productores de caña y de sorgo. Para calcular el costo en este caso, se debe tomar como precio de referencia, el precio mercado interno puesto en ingenio del azúcar[19]. La comercialización de la caña se realiza por el llamado sistema de maquila, la materia prima el productor no la cobra en efectivo, sino que los Ingenios le entregan al productor el 53%[20] del contenido de azúcar que tiene la caña en el momento de la molienda. El 47%[20] del azúcar restante queda para el Ingenio, a modo de cobro por el proceso de fabricación y envasado. En el caso del sorgo azucarado al productor se le paga el 55%[21] del rinde de etanol, el cual para valorizar se toma el precio de la Secretaria de Energía. En ambos casos ya están incluidos los gastos de comercialización y flete, en el precio que se le paga al productor.

Un punto clave a tener en cuenta es el bajo rendimiento de etanol en relación al consumo de materia prima en el proceso, por lo que es muy importante que la planta se localice muy próxima a la producción de los insumos. Y además asumiendo los costos de transporte del grano están a cargo del productor, la planta se debe localizar lo más próximo a la producción de los granos, para que este también se vea beneficiado.

Para cumplir con estas condiciones la planta debe localizar dentro del departamento de San Fernando provincia de Chaco.

[19] Precio obtenido de consulta al Ingenio San Isidro.
[20] Dato obtenido en consulta a la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres y al Ingenio San Isidro.
[21] Dato obtenido de investigación y consulta con diferentes destilerías, Bio San Isidro, Bio Ledesma, Cia. Bioenergética la Florida.

ESTUDIO DE ECENARIOS PROPUESTOS

(I) Análisis del primer escenario, en el cual la planta cultiva en tierras propias la caña y el sorgo azucarado.

Para calcular el costo de producción de la caña de azúcar se utiliza una tabla de elaboración propia en base a datos de la EEAOC[22] y del Ingenio San Isidro. Mientras que para el sorgo se toma como dato las tablas de costos de producción de la revista Agromercado para la provincia de Entre Ríos, y se le incorporan datos obtenidos de consulta a productores. Para calcular el costo de flete se utiliza una tabla de elaboración propia con costos y datos obtenidos de productores. Así como algunos datos provenientes de la EEAOC[22] y del Ingenio San Isidro.

Cabe mencionar que como resultado de la investigación se obtuvo, que para estos cultivos, el flete corto está considerado en 30km mientras que el flete largo es de 60Km.

Caña de azúcar		Costo	
cosecha (1)	USD/ha	500	
Descepado		15,8	
Preparación del suelo		30	
Total labranzas (2)	USD/ha	45,8	
semilla		82,6	
Fertilizantes		127	
Herbicida		126	
Madurativos		7,59	
Siembra y aplicación		119	
Total siembra y fertilización (3)	USD/ha	462,19	
Total gastos directos	USD/ha	1007,99	(1)+(2)+(3)

Tabla 2.13 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

[22] Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres

Algunos datos a tener en cuenta:

El precio actual de la cosecha y carguío de la caña de azúcar es de 30 $/ton. Entonces si una hectárea rinde 75[23] ton de caña, coste de cosecha por hectárea será de 2250 (a una tasa de conversión de 4,5$ por dólar, el costo son unos 500 u$s).

Semilla: La semilla, en el caso de la caña de azúcar, es la misma caña que se trocea y se planta. Una plantación de caña sirve para 5/ 7 cosechas, es decir que el costo de la semilla se deben prorratear entre 5/ 7 años. Lo mismo sucede con el descepado y preparación de suelos. Luego de consulta a productores, se llego a la conclusión que para mantener altos rendimientos y buena calidad de caña lo mejor es hacerlo cada 5 años.

Sorgo Sacarífero		Costo	
cosecha (1)	USD/ha	375	
costo arada UTA	USD	37,29	
disco doble con rabasto o rolo		24,24	
cincel con peine			
rastra de dientes/rolo/rabasto		22,37	
arado discos/doble acción pesada/múltiple		37,29	
Total labranzas (2)	USD/ha	121,19	
semilla		39	
Fertilizantes		15	
Herbicida		56	
insecticida		3,8	
Siembra y aplicación		64	
Total siembra y fertilización (3)	USD/ha	177,8	
Gastos estructura (4)	USD/ha	123	
Total gastos directos	USD/ha	**796,99**	(1)+(2)+(3)+(4)

Tabla 2.14 Elaboración propia en base a datos de la revista Agromercado y productores de la Provincia de Chaco.

[23] Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (2012). "Integración del sorgo azucarado a la cadena de aprovechamiento bioenergético de la caña de azúcar en Tucumán, R. Argentina"

El costo del flete, calculado con la tabla:

Caña de azúcar		Costo	Distancia
Flete corto	USD/tn	1,81	30 km
Flete largo	USD/tn	3,61	60 km
Total flete	USD/tn	**5,42**	

Tabla 2.15 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

Sorgo Azucarado		Costo	Distancia
Flete corto	USD/tn	2	30 km
Flete largo	USD/tn	4	60 km
Total flete	USD/tn	**6**	

Tabla 2.16 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC y Productores de la provincia de Tucumán.

Al igual que en el análisis para la producción de granos únicamente se va a considerar el flete largo.

Finalmente el costo de la caña de azúcar y del sorgo azucarado un escenario de rendimiento promedio por hectárea, expresados en ton/ha arroja el siguiente resultado:

		Costo (USD/tn)	
Caña de azúcar	tn/ha	Sin flete	Con flete
Rendimiento promedio	75	13,440	17,053

Tabla 2.17 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC y Productores de la provincia de Tucumán.

		Costo (USD/tn)	
Sorgo Azucarado	tn/ha	Sin flete	Con flete
Rendimiento promedio	65[20]	12,261	16,261

Tabla 2.18 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC y Productores de la provincia de Tucumán.

(II) En el segundo escenario se va a analizar la compra directa al productor de la caña y el sorgo azucarado, según valores del mercado.

En el segundo escenario se analiza la compra directa a los productores de caña y de sorgo.

En el segundo escenario se analiza la compra directa a los productores de caña y de sorgo. Para calcular el costo en este caso, se debe tomar como precio de referencia, el precio mercado interno puesto en ingenio del azúcar (4 $/kg, con una tasa de conversión de 4,5 $/USD, 888,89 USD/ton)[24]. La comercialización de la caña se realiza por el llamado sistema de maquila, la materia prima el productor no la cobra en efectivo, sino que los Ingenios le entregan al productor el 53%[25] del contenido de azúcar que tiene la caña en el momento de la molienda. El 47%[25] del azúcar restante y la melaza obtenida quedan para el Ingenio, a modo de cobro por el proceso de fabricación y envasado. De la melaza obtenida de procesar una tonelada de caña se pueden obtener 11 litros de etanol.

En el caso del sorgo azucarado al productor se le paga el 55%[26] del precio de la venta de etanol 4520[27] S/ton (convertido con la tasa de cambio oficial de 1 USD = 4,50 $ serian unos 1004,44 USD/tn). En ambos casos el flete esta a cuenta del productor, y en el precio de la compra ya está incluido el mismo.

Caña de azúcar		Valor
Rendimiento de La Caña de azúcar por hectárea	tn	75
Rendimiento fabril de la caña de azúcar		9,270%
Toneladas de azúcar obtenidos por hectárea de caña		7,0
Precio mercado interno puesto en ingenio del azúcar	USD/tn	888,9
Porcentaje de participación al productor		53,00%
Litros de etanol obtenidos de la melaza		11,0
Precio del etanol por litro	USD/tn	1004,4
Costo Neto MP puesta en la planta	USD/tn	32,624

Tabla 2.19 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

[24] Precio obtenido de consulta al Ingenio San Isidro.
[25] Dato obtenido en consulta a la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres y al Ingenio San Isidro.
[26] Dato obtenido de investigación y consulta con diferentes destilerías, Bio San Isidro, Bio Ledesma, Cia. Bioenergética la Florida.
[27] Secretaría de energía

Sorgo Azucarado		Valor
Rendimiento del sorgo azucarado por hectárea	tn	65
Rendimiento fabril del Sorgo Sacarífero		7%
Toneladas de etanol obtenidas por hectárea de Sorgo Azucarado		4,55
Precio del etanol	USD/tn	1004,4
Porcentaje de participación al productor		55%
Costo Neto MP puesta en la planta	USD/tn	38,671

Tabla 2.20 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

El costo total para la planta de comprar caña de azúcar a los productores sería USD 32,624 por tonelada y de USD 38,671 por tonelada de sorgo.

DESARROLLO DEL COSTO TOTAL POR LITRO DE ETANOL EN BASE A CAÑA DE AZUCAR Y SORGO AZUCARADO.

En esta etapa se calcularán los costos de producción y los finales por litro, según la estructura para una planta que trabaja con el esquema explicado en la página 24 del presente texto.

A continuación se plantearán los costos para los dos escenarios antes planteados, el primero de producir las materias primas y el segundo de adquirirlas directamente de los productores.

Se considera que para el etanol producido en base a caña de azúcar se pueden obtener 75[27] l/tn y para el etanol obtenido en base a sorgo azucarado se pueden obtener 70[28] l/tn.

Para valorar los bagazos, tanto de caña de azúcar como de sorgo sacarífero se realizo una investigación de mercado consultando a diferentes destilerías de la provincia de Tucumán, y a la EEAOC[29] . Se llego a que los bagazos se queman en calderas y la energía generada por los mismo es suficiente para realizar todo el procesos de trasformación de etanol.

Como resultado del primer escenario se obtiene un costo por litro de producir etanol en base a caña de azúcar de 0,353 USD/lt y en base a sorgo sacarífero de 0,358 USD/lt.

Como resultado del segundo escenario se obtiene un costo de 0,561 USD/lt para etanol producido en base a caña y de 0,678 USD/lt para etanol producido en base a sorgo azucarado.

[28] Federico Ganduglia, José Guillermo León; Raúl Gasparini y María Elena Rodríguez; Guillermo José Huarte; José Estrada; Ernani Filgueiras - IICA - "Manual de Biocombustibles". Octubre 2009
[29] Estación Experimental Agroindustrial Oobispo Colombres.

Escenario número 1, producción de etanol en base a materias primas de producción propia.

Caña de azúcar			
Materias Primas y Gastos	**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal kg	13,333	0,033	0,435
levaduras y otros quim			0,019
Subtotal			0,453
Elect+gas			0,016
Mano de Obra Directa - Alcohol USD			0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol USD			0,035
Subtotal			0,088
Mano de Obra Indirecta			0,005
Gastos Generales Propios			0,008
Gastos Generales			0,007
Amortizaciones			0,016
Subtotal			0,036
Costo bruto de producción			0,577
Retornos:			
Bagazo de caña			0,016
Costo neto de producción USD/lt			**0,561**

Tabla 2.21 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

Sorgo azucarado			
Materias Primas y Gastos	**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal kg	14,286	0,016	0,232
levaduras y otros quim			0,019
Subtotal			0,251
Elect+gas			0,016
Mano de Obra Directa - Alcohol USD			0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol USD			0,035
Subtotal			0,088
Mano de Obra Indirecta			0,005
Gastos Generales Propios			0,008
Gastos Generales			0,007
Amortizaciones			0,016
Subtotal			0,036
Costo bruto de producción			0,374
Retornos:			
Bagazo de Sorgo Azucarado			0,016
Costo neto de producción USD/lt			**0,358**

Tabla 2.22 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

Segundo escenario, producción de etanol en base a caña de azúcar y sorgo azucarado adquirida de productores a precio de mercado.

Caña de azúcar				
Materias Primas y Gastos		**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal	kg	13,333	0,044	0,582
levaduras y otros quim				0,019
Subtotal				0,601
Elect+gas				0,016
Mano de Obra Directa - Alcohol	USD			0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol	USD			0,035
Subtotal				0,088
Mano de Obra Indirecta				0,005
Gastos Generales Propios				0,008
Gastos Generales				0,007
Amortizaciones				0,016
Subtotal				0,036
Costo bruto de producción				0,724
Retornos:				
Bagazo de caña				0,016
Costo neto de producción	**USD/lt**			**0,708**

Tabla 2.23 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

Sorgo azucarado			
Materias Primas y Gastos	**Unidad**	**Precio USD**	**Total USD**
Cereal kg	14,286	0,039	0,552
levaduras y otros quim			0,019
Subtotal			0,571
Elect+gas			0,016
Mano de Obra Directa - Alcohol USD			0,036
Mano de Obra Directa - Mant. Alcohol USD			0,035
Subtotal			0,088
Mano de Obra Indirecta			0,005
Gastos Generales Propios			0,008
Gastos Generales			0,007
Amortizaciones			0,016
Subtotal			0,036
Costo bruto de producción			0,694
Retornos:			
Bagazo de Sorgo Azucarado			0,016
Costo neto de producción USD/lt			**0,678**

Tabla 2.24 Elaboración propia en base a datos proporcionados por EEAOC, Ingenio San Isidro y Productores de la provincia de Tucumán.

CAPÍTULO III: MARCO LEGAL DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LA REPUBLICA ARGENTINA.

ANTECEDENTES

Las principales medidas oficiales para el fomento del uso del etanol carburante comienzan hacia 1979 con el programa Alconafta, que tenía por objeto promover la utilización del alcohol etílico anhidro como combustible.

A partir del 15 de marzo de 1981, Tucumán comienza el consumo masivo de alconafta común (una mezcla con 12% de alcohol etílico anhidro y el resto de nafta común), lo que da por resultado un combustible de 83 octanos capaz de reemplazar totalmente el consumo de nafta común.

En 1983, comienza a comercializarse la primera alconafta súper sin mayores problemas, y se incorporan al plan las provincias de Salta y Jujuy con lo que se dio por finalizada la primera etapa, cuyo objetivo era absorber los excedentes de alcohol de melaza, sin realizar ninguna extensión de los cultivos de la caña de azúcar.

Para 1985 se agregan Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero, quedando de esta forma toda la región del NOA integrada al consumo obligatorio de alconafta súper y común. El objetivo de esta segunda fase era aprovechar totalmente la capacidad de destilación, con posibilidad de dar otro uso a una parte de la exportación de azúcar, si los precios internacionales eran desfavorables. Además, se preveía la posibilidad de la molienda directa de caña de azúcar en el norte, para la obtención del alcohol destinado a la mezcla.

En el período 1985-1987 se integran al plan las provincias de las regiones Litoral y del NEA, quedando en total 12 provincias incorporadas. El objetivo de esta tercera etapa era aprovechar totalmente la capacidad de molienda, eliminando toda la exportación de azúcar o incorporando otras materias primas aptas para producir alcohol con aceptable relación energética. Se preveía la posibilidad de incrementar la capacidad de destilación y deshidratación. Para ese entonces, las doce provincias integradas al plan, consumían aproximadamente 250 millones de litros de alcohol etílico anhidro por año, y se estimaba que la industria y el cañaveral existentes poseían capacidad para producir 450 millones de litros de alcohol. Durante los años siguientes, las zafras no fueron buenas, no alcanzándose a cubrir el consumo necesario de alcohol. Por otra parte, el precio internacional del azúcar recuperó su rentabilidad, lo que, sumado a las presiones que ejercían las empresas petroleras sobre el Estado, hicieron que el plan alconafta fuera dejado de lado poco a poco, hasta desaparecer por completo. Cabe resaltar que estaba prevista una cuarta etapa del plan (que nunca se llevó a cabo) en la que se estimaban necesarios 410 millones de litros por año

de alcohol etílico anhidro. Para ello eran necesarias inversiones para posibilitar el aumento en la capacidad de molienda, destilación, deshidratación y producción de materia prima.

MARCO LEGAL VIGENTE EN EL PAÍS.

Han sido varios los intentos para promover el uso de biocombustibles, biodiesel y etanol, pero la posibilidad de que a los mismos se les aplique un tratamiento impositivo similar al que recae sobre los combustibles líquidos representó una traba y desalentó cualquier inversión en el sector. Los combustibles líquidos están gravados con el Impuesto a la Transferencia de los Combustibles Líquidos y Gaseosos (ITC, Ley 23.966) que equivale aproximadamente en promedio al 27% del precio de venta de las naftas, ya que el monto del gravamen varía en función del tipo de nafta y a su vez tiene un monto mínimo. Tal ley le da un tratamiento especial al biodiesel, exceptuándolo del tributo por un plazo de 10 años, y no menciona al etanol.

Desde el 2001, ha habido un conjunto de iniciativas legislativas tendientes a establecer un marco fiscal que disminuya la incertidumbre mencionada y promueva el desarrollo de los biocombustibles. Tales iniciativas se fueron transformando en diversos proyectos de ley que partieron de miembros del Senado, teniendo el objetivo común de darles a los biocombustibles un tratamiento impositivo diferencial y lograr mantener el actual status que los exime del ITC.

Otra acción relacionada con la promoción de los biocombustibles ha sido el Programa Nacional de Biocombustibles, creado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (según Resolución Nº 1156/2004), conteniendo los siguientes objetivos principales:

- Promover la elaboración y el uso sustentable de los biocombustibles como fuente de energía renovable y alternativa a los combustibles fósiles, enfatizando la utilización de biodiesel a partir de aceites vegetales y/o grasas animales, y del bioetanol a partir de la producción de maíz, sorgo, caña de azúcar, etc.

- Apoyar y asesorar a sectores rurales, en el desarrollo y puesta en marcha de plantas para la elaboración de biodiesel y bioetanol, como alternativa productiva para el desarrollo local y territorial.

- Colaborar y apoyar a Instituciones, Organizaciones, Entidades de bien público, etc., que se dediquen a la investigación y difusión de la elaboración y uso de biocombustibles.

- Promover las inversiones privadas y/o públicas para el desarrollo de los biocombustibles.

- Relevar el escenario Nacional y Mundial respecto a esta temática, con la finalidad de aunar criterios y esfuerzos para el logro eficiente de la elaboración y uso sustentable de los biocombustibles en Argentina, y su posible exportación frente a las nuevas disposiciones mundiales que obligan a su uso. Sin embargo, la ausencia de un marco legal certero que estimule las inversiones en la producción de bioetanol y biodiesel, ha llevado a que se desarrolle muy poco.

Hacia 2004, sólo había una empresa habilitada en el sector de combustibles alternativos (registros creados en la Secretaría de Energía de la Nación por la resolución 419/98). El resto de los proyectos no estaban registrados y muchos de ellos estaban en etapas experimentales. El proyecto de Ley de Biocombustibles fue presentado en julio de 2004. Originalmente éste hablaba de un régimen de promoción para la producción de biocombustibles, que establecía pautas para incentivar la investigación y el desarrollo de ese tipo de carburantes y además, aseguraba una estabilidad fiscal durante 15 años y la calidad de contribuyentes liberados de IVA a los proyectos aprobados. Sin embargo éstas últimas condiciones fueron modificadas en las sucesivas revisiones que dieron tanto la Cámara de Senadores como de Diputados.

La ley 26.093 fue finalmente promulgada el 12 de Mayo de 2006, y entre sus puntos fundamentales se pueden destacar:

- Establece la creación de una Autoridad de aplicación, cuyas funciones serán, entre otras, las de:

  - ✓ Promover la investigación, la producción sustentable y el uso de biocombustibles.
  - ✓ Establecer normas de calidad.
  - ✓ Establecer los criterios para la aprobación de los proyectos elegibles para los beneficios establecidos en la ley.
  - ✓ Administrar los subsidios que eventualmente otorgue el Congreso Nacional.

- Priorizará los proyectos en función de los siguientes criterios:

  - ✓ Promoción de la pequeña y mediana empresa.
  - ✓ Promoción de productores agropecuarios.
  - ✓ Promoción de economías regionales.

- A su vez la ley especifica que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación promoverá cultivos destinados a la producción de biocombustibles para favorecer la diversificación productiva del sector agropecuario.

- Genera un régimen de promoción para la producción y uso sustentable de los biocombustibles por el término de 15 años.

- Establece que la nafta y el gasoil que se comercialicen dentro del Territorio Nacional, deberán ser mezclados por la destilería o refinería de petróleo, con un 5% como mínimo de bioetanol y de biodiesel respectivamente.

- Incentivos fiscales para el producto:

  - ✓ Exención Impuesto a los Combustibles Líquidos y Gaseosos.
  - ✓ Exención Tasa de Gasoil.
  - ✓ Exención Tasa Hídrica.

- Incentivos a la inversión:

  - ✓ Devolución anticipada del IVA
  - ✓ Exceptuado de Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta por 3 años.
  - ✓ Practicar la amortización acelerada de los bienes de uso para el cálculo del Impuesto a las Ganancias.

- Sujetos beneficiarios de la promoción: industrias radicadas en el país, con mayoría de capital social en poder del Estado Nacional, Provincial o Municipal, o de productores agropecuarios.

La ley quedó reglamentada el 13 de Febrero de 2007 por el Decreto 109. Dicho decreto reglamentario establece, entre otros aspectos, que la autoridad de aplicación será ejercida por la Secretaría de Energía del Ministerio de Planificación Federal, excepto en cuestiones de índole tributario o fiscal para los cuales cumplirá ese rol el Ministerio de Economía y Producción. Además aclara que las plantas que ya se encuentren en funcionamiento o en proceso de prueba a la fecha de aprobación del decreto deberán cumplir con lo establecido por la ley 26.093 en un plazo de 90 días (a partir de la publicación del decreto). Si bien el Decreto era necesario para reglamentar la ley, muchos sectores consideran que faltan

perfeccionarse varios aspectos, como ser mayores condiciones de estabilidad fiscal para el desarrollo de las inversiones y disminuir la incertidumbre por el cálculo de rentabilidad oficial, lo cual le quita transparencia a las inversiones.

El 2 de enero de 2008 se promulgó la Ley 26334 que establece el régimen de promoción de la producción de bioetanol (bajo las disposiciones de la Ley 26093). Complementando la Ley 26093, el 13 de Noviembre de 2008 se establece mediante la Resolución 1293/2008, el mecanismo de selección, aprobación y orden de prioridades de proyectos de producción de bioetanol, por el cual se otorgarán los beneficios promocionales del Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Paralelamente, en la misma fecha, la Secretaría de Energía determinó, a través de la Resolución 1294/2008, el procedimiento para establecer el precio de adquisición del bioetanol, destinado a la mezcla para la producción y uso sustentable de biocombustibles creado por la Ley Nº 26.093. Las especificaciones de calidad que deben cumplir los biocombustibles, de conformidad con el Decreto 109, se determinan en la Resolución SE 1283/2006 para el biodiesel y la Resolución 1295/2008 para el bioetanol.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

Del estudio se puede determinar con claridad que para ambos escenarios, uno con materias primas de producción propia y el segundo de materias primas compradas a productores, es más económica la producción de etanol en base a sorgo granífero. Si se toma en cuenta que dependiendo de la disponibilidad de materia prima se va a variar la producción de etanol, entre maíz y sorgo granífero, y por otro lado entre caña de azúcar y sorgo sacarífero, el resultado no cambia debido a que los costos de producir etanol de maíz son menores a producir etanol de caña en ambos escenarios.

Escenario de producción con materias primas propias:

El costo por litro de producir etanol en base a maíz es de 0,290 USD/lt y a sorgo granífero de 0,339 USD/lt. Mientras que de producir etanol en base a caña de azúcar 0,353 USD/lt y de sorgo sacarífero es de 0,358 USD/lt.

Escenario de producción de etanol con materias primas compradas a productores:

El costo de producción por litro de etanol en base a maíz 0,310 USD/lt y a sorgo granífero de 0,301 USD/lt, Mientras que de producir etanol en base a caña de azúcar es de 0,561 USD/lt y sorgo sacarífero es de 0,678 USD/lt.

Estudiando en profundidad las tablas de costos, se puede ver que hay dos causas principales por las cuales se llego a este resultado. La primera es la diferencia de costos de cosecha de cada uno de las materias primas.

Tabla 2.2 página 32

Sorgo Granífero		Costo
cosecha (1)	USD/ha	51,85

Tabla 2.14 página 42

Sorgo Sacarífero		Costo
cosecha (1)	USD/ha	375

Y en segundo lugar la diferencia en el valor de los subproductos de cada proceso,
Para el sorgo granífero se puede obtener un valor en DDGS de 71 USD/ton de etanol producida, mientras que el bagazo del sorgo sacarífero solo logra un valor de 16 USD/ton de etanol producido.

CONCLUSIONES ADICIONALES

- El resultado del análisis no hace menos interesante la incorporación del sorgo azucarado a la actividad agroindustrial de la caña de azúcar, utilizándolo como cultivo de rotación de soja o como reemplazo en áreas cañeras con limitaciones hídricas o de salinidad, permitiría ampliar el abastecimiento de materia prima a las destilerías de bioetanol ya existentes durante los meses de diciembre, enero y febrero, los meses previos, al inicio de la zafra. La misma inicia en marzo y termina en agosto, aportando asimismo biomasa fibrosa para su empleo como biocombustible sólido.

- La iniciativa de fomentar el desarrollo de proyectos de biocombustibles permite:

    - Diversificación de riesgos al productor agrario debido a la existencia de un nuevo destino para su producción.
    - Incorporación de valor agregado a los granos, cultivos regionales, aceites, grasas y nuevos cultivos energéticos.
    - Desarrollos regionales en lo social (mano de obra) y económica (inversiones).
    - Efecto riqueza generado por las inversiones previstas en el sector.
    - Generación de puestos de trabajo que participarán de la Cadena de Biocombustibles.
    - Desarrollo de áreas marginales a partir de la implementación de cultivos energéticos, mejorando el nivel de vida de la población del lugar.

- El etanol es muy rentable, si Argentina quiere participar de este negocio debe acordar (sin prisa) una estrategia público-privada para negociar desde la presidencia hasta el surtidor y cumplir con lo acordado.

- La demanda de biocombustibles recién comienza, y puede ser el inicio de una nueva era.

BIBLIOGRAFÍA

- Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas - I Etanol. / IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). San José: IICA, 2010.

- Dragún P., Moreno A., Picasso s., Lardizabal J., Gatti N., Telechea JM., Conti A. "Monitoreo y Estudio de Cadenas de valor ONCCA, Informe sorgo". Diciembre de 2010

- Sorgo, un cultivo milagroso para alimentación y biocombustibles. 2008. http://biodiesel.com.ar/809/sorgo-un-cultivo-milagroso-para-alimentacion-y-biocombustibles

- Cardenas G. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. "Biocombustibles en Argentina: Producción de Bioetanol." 2009

- La Gaceta de Tucumán. "Producción de etanol en Argentina". 24/11/2010 http://biodiesel.com.ar/4670/produccion-de-etanol-en-argentina

- F. Iacona "Potencialidad de la producción de etanol a partir de la caña de azúcar en El Salvador".

- A. Panero "Desarrollo de una planta de etanol a través de residuos forestales".

- Gonzalo Hierro. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. "Guía para la construcción de una industria eficiente y sustentable de bioetanol carburante en Argentina". 2007

- Michael E. Webber. "More food, less energy". Scientific American, January 2012

- Federico Ganduglia, José Guillermo León; Raúl Gasparini y María Elena Rodríguez; Guillermo José Huarte; José Estrada; Ernani Filgueiras - IICA - "Manual de Biocombustibles". Octubre 2009

- Pablo A. Trabattoni. Universidad Austral. "Análisis de los costos industriales de producción del etanol a partir de maíz en la Argentina". Junio 2008

- Decreto 109/2007 (2007) reglamentario de la Ley 26.093 Biocombustibles. Presidencia de la Nación Argentina. Buenos Aires.

- Ley Nacional 26.093 Biocombustibles (2006). Congreso de la Nación Argentina. Buenos Aires.
- Roagro Corredora de Granos (2012) "Tarifas Transporte CATAC", Rosario. Disponible online http://www.roagro.com.ar/logistica/tarifa.asp
- Bolsa de Comercio de Rosario (2012). "Cotizaciones Históricas". Disponible online en: http://extranet.bcr.com.ar/extranet/CAC/wf_ReportView.aspx
- Secretaria de Energía (2012). "Precios de los Biocombustibles". Disponible online en: http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3033
- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (2012). "Análisis Económico del Cultivo de Caña de Azúcar en la Campaña 2010/11"
- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (2012). "Integración del sorgo azucarado a la cadena de aprovechamiento bioenergético de la caña de azúcar en Tucumán, R. Argentina"
- Centro Azucarero Argentino (2012). "Cotización Internacional Azúcar blanco". Disponible online en : http://www.centroazucarero.com.ar/frame1.html