

## Bioenergía en el actual contexto internacional y nacional oportunidades y desafíos

Ing. Agr. M.Sc Jorge A. Hilbert

La humanidad se enfrenta con un cambio radical de paradigma que se ha impuesto en forma extraordinariamente rápida en todo el mundo. El mismo radica en el aprovechamiento integral de la biomasa con fines energéticos, entendiéndose por bioenergía aquella derivada del cultivo, cosecha y transformación de biomasa en diferentes vectores aprovechables energéticamente.

Este hecho enfrenta a la humanidad con dilemas éticos y ambientales ya que se ejerce una fuerte y creciente presión sobre el recurso tierra compitiendo con la provisión de alimentos y expandiendo zonas de cultivo hacia áreas de mayor fragilidad medioambiental.



Fuente Stella Carballo 2006

La Argentina no está ajena a este contexto, dada su altísima capacidad de producción de productos agropecuarios y es mirada y analizada por todo el mundo como uno de los actores relevantes en este nuevo escenario.<sup>1</sup> La Argentina, con una cosecha anual de granos de más de 90 millones de toneladas, con tendencia a llegar a 100 millones antes del 2010, y con más de un millón de hectáreas de bosques implantados, tiene un gran potencial bioenergético que le permitiría convertirse en un importante productor y usuario de biocombustibles

<sup>1</sup> The Socio-Economic Impacts of Large-Scale Land Use Change and Export-Oriented Bio-Energy Production in Argentina Birka Wicke Copernicus Institute 2006.

Emerging liquid Biofuels markets in Argentina P Lamers Lund Univ 2006

Biomasa energy potencial in Argentina S Asal R Marcus Univ Dauphine 2006

en relativamente corto tiempo, Podrá hacerlo sin abandonar la producción de cereales y oleaginosas y demás cultivos para satisfacer las demandas alimentarias de los habitantes de nuestro país. Además podrá exportar al resto del mundo sin resignar su actual posición de importante y confiable abastecedor internacional<sup>2</sup>.

En efecto, nuestro país no sólo ya tiene diversos recursos bioenergéticos distribuidos a lo largo y ancho del territorio sino que, a través de la incorporación de tecnología adecuada, podrá mejorar sus ventajas competitivas con un fuerte incremento del rendimiento de todos sus cultivos de granos y también de pastos, caña de azúcar, bosques y otras fuentes de biomasa. Además, puede aumentar sus ventajas comparativas con un mejor uso del agua y la ampliación de la frontera agropecuaria en varios millones de hectáreas más, según la opinión de diversos expertos.

La difusión en medios masivos y electrónicos permite que hoy en día estos cambios se produzcan a velocidades impensadas hace apenas 10 años atrás. Estos medios de comunicación sirven tanto para la difusión de tecnologías como así también de oportunidades no siempre respaldadas desde el punto de vista técnico.

La sencillez y alcance de la información genera una creciente presión sobre los estamentos gubernamentales, científicos y técnicos por parte de inversores, usuarios y productores agropecuarios. En muchos casos se carece de información e investigación local que permita dar respuesta a innumerables interrogantes que se relacionan con la viabilidad de los proyectos a ser encarados.

La potencialidad de producción de bioenergía en la Argentina es de extrema importancia dada la alta vulnerabilidad de la matriz energética y las ventajas comparativas que presenta para la producción de vectores biológicos energéticos de diversas fuentes. Existen restricciones desde el punto de vista de la ingeniería de proceso de manera de lograr una tecnología local madura de alta confiabilidad y bajo costo.

Esta realidad ha sido tomada por los legisladores en la Ley N° 26.093 recientemente reglamentada. La misma en su artículo 15, inciso 5, establece que "La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, promoverá aquellos cultivos destinados a la producción de biocombustibles que favorezcan la diversificación productiva del sector agropecuario. A tal fin, dicha Secretaría podrá elaborar programas específicos y prever los recursos presupuestarios correspondientes". Diversos indicadores señalan que la producción de bioenergía es incipiente y posee una conducta débil con relación a las innovaciones intensivas en conocimientos, esto constituye una oportunidad y, al mismo tiempo, una demanda implícita hacia los organismos de ciencia y técnica si se pretende, para las empresas del sector agropecuario, una mejora, en su competitividad, sustentable en el largo plazo<sup>3</sup>. El acervo de conocimientos

<sup>2</sup> Jose Benites -Representante FAO en la Argentina. Clarín, abril 2007.

<sup>3</sup> Biocombustibles biodiesel Estudio conjunto SADyS INTA SECYT SAGPYA 2006

explícitos y tácitos, en las diversas especialidades, constituyen una oportunidad importante para la acción de corto plazo frente a demandas concretas. Simultáneamente, permite identificar el camino a recorrer atendiendo a la capacidad de anticipación y de reacción frente a los cambios.

Otro aspecto no menor a considerar es la baja proporción del componente energético dentro de los productos agropecuarios utilizados con la tecnología presente. Esto demanda un ajuste y estudio de los demás procesos de utilización como es el caso de las harinas proteicas o el DDGS proveniente de la producción de alcohol a partir de maíz.

A partir de este enfoque se identifican tres sectores en donde la agronomía tiene un rol a cumplir: La producción vegetal, la ingeniería de proceso y transformación y aquellas ligadas al tratamiento y aprovechamiento de deshechos. El elemento común conductor en todos estos casos de donde se desprenden varias líneas de investigación, es la caracterización de materias primas y productos procesados y el diseño y optimización de procesos. Se considera que las ciencias agronómicas tiene su principal rol de incumbencia sobre la primera transformación, por su vinculación con la producción primaria (pe. implantación, cosecha y poscosecha). Por lo tanto, todo aquello que tenga relación con la producción primaria y que incida tanto sobre el producto final, como sobre la salud y el medio ambiente debiera ser considerado.

Desde el punto de vista agronómico, se requiere definir especies, áreas ecológicas, manejo e ideotipos seleccionados en función de las características necesarias para optimizar el balance energético de la producción siendo el INTA el Organismo Nacional con natural injerencia en estos aspectos.<sup>4</sup> Trabajando en red con las demás organizaciones públicas y privadas así como con los productores agropecuarios.

Los avances en biotecnología y su aplicación a bioenergía, así como los nuevos conocimientos en materiales y la tecnología de computación, hacen necesaria la conformación de un programa con suficiente masa crítica con capacidad en el desarrollo de sensores y de técnicas de predicción que resultarán en procesos altamente controlados.

Lo planteado requiere de un recurso humano altamente especializado con equipamiento e instalaciones adecuadas (escalas laboratorio y piloto), aplicando técnicas de modelización, inteligencia artificial, sistemas expertos y tecnologías de informática y computación apropiadas, por citar a las más destacadas. Un aspecto relevante es la interdisciplina en este enfoque, en donde deben concurrir ingenieros químicos, físicos, matemáticos, ingenieros electrónicos, ambientales, bioquímicos y biólogos, entre otros.

Podemos graficar los vectores que impulsan el desarrollo de la bioenergía junto a los desarrollos tecnológicos para lograr un panorama integral de todas las fuerzas que están impulsando el fuerte y rápido desarrollo de la bioenergía a nivel mundial.

<sup>4</sup> Conclusiones finales. Foro de Cultivos Energéticos INTA SAGPYA SECYT IICA 2006.



La ampliación de los volúmenes de producción destinados al mercado interno están condicionados por el factor precio y aseguramiento de suministro de los combustibles derivados del petróleo así como el marco regulatorio fijado por la ley 26.093 de biocombustibles.

Tomando como ejemplo al gasoil principal insumo energético del sector agropecuario, si se considerara un 3,5% acumulativo anual de las ventas de gasoil, la demanda de biodiesel sería de 650 millones de litros en 2008 y 1.090 millones de litros en 2023, necesitando en el caso que sea soja la materia prima, 3,5 millones de toneladas de grano con un aumento del área sembrada de 1,2 millones de hectáreas, pero solamente con una eficiente cosecha y control de enfermedades, se aportaría la materia prima para la producción de casi el 40% del biodiesel (IICA, 2005).

### **Mercado de exportación**

El desarrollo del mundo moderno y su proceso industrial se basaron en el aprovechamiento de combustibles fósiles, el carbón y el petróleo, de relativamente fácil obtención, bajo costo de producción y fácil transporte, que desplazaron a otras fuentes de energía.

Hoy, la posible extinción a mediano plazo del aprovisionamiento de estas reservas fósiles, la mayor incidencia de una conciencia ambientalista y la realidad concreta del deterioro del medio ambiente han modificado la situación precedente, y reactivaron la búsqueda de combustibles más amigables con nuestro medio.

Existen tres razones en el ámbito internacional que apoyan la idea de fomentar la implementación de bioenergía:

- ü Las reservas petrolíferas conocidas en cuanto a su volumen y su ubicación

en áreas geográficas de fuerte conflicto así como el incremento en el consumo actual por parte de varias regiones del mundo en fuerte crecimiento están impulsando y lo harán en el futuro un incremento en los precios de los combustibles tradicionales.

- ü Existe interés en los países Europeos de diversificar la producción agrícola introduciendo cultivos específicos con fines energéticos.
- ü La protección ambiental en cuanto al equilibrio del CO<sub>2</sub> y las emisiones de azufre así como los aspectos relacionados a la seguridad de manipuleo, son puntos a los cuales se les ha otorgado máxima prioridad dadas las restricciones crecientes impuestas por las nuevas normativas ambientales. En este aspecto los aceites vegetales presentan ventajas si se los compara con el combustible derivado del petróleo.

La atención sobre los bioenergía se ve fortalecida con los aumentos del precio del petróleo y la necesidad de bajar los niveles de contaminación y adelantarse al agotamiento de los combustibles fósiles.

Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE): “El uso de biocombustibles líquidos, como el etanol y el biodiesel en el sector del transporte de todos los países puede reducir la dependencia del petróleo y en muchos países se podría utilizar para cocinar y para necesidades agrícolas”, concluyéndose que con esto se beneficiaría a los países del Cono Sur, especialmente la Argentina y Brasil, que son los principales productores de los cultivos que los originan.

Referente a los **escenarios internacionales y su relación con el escenario nacional** se menciona lo siguiente:

1. China e India verán incrementado exponencialmente su consumo energético debido a la alta tasa vegetativa proyectada, y necesitará del concurso de abastecimiento de biocombustibles de países como la Argentina, uno de los principales productores de materias prima para la elaboración de ese producto.
2. La UE y otros bloques importantes, demandarán en el futuro cercano combustibles alternativos al petróleo (con un horizonte previsto de decrecimiento), y porque la tendencia también implica reencontrarse con una posición amigable con el medio ambiente.
3. Las imposiciones por ley de los cortes obligatorios de biodiesel en las mezclas de los combustibles en diversas partes del mundo, permitirá dinamizar el flujo de abastecimiento de biocombustibles, donde la Argentina tiene una posición inmejorable.
4. La Argentina puede asociarse estratégicamente con Brasil dentro del ámbito del Mercosur, para la producción y comercialización de biodiesel y bioetanol, y constituirse en líderes mundiales de biocombustibles.

## **Oportunidades de acceso a mercados y competitividad.**

Los antecedentes más relevantes a nivel nacional provienen de la producción de etanol y en menor medida el reciente crecimiento del biodiesel. Sin embargo otros energéticos de origen biológico son ampliamente utilizados como el bagazo de la caña de azúcar y el carbón vegetal.

La Argentina presenta un largo historial en etanol que se inició en 1922 y culminó en 1989. El plan alconafita comienza en Tucumán en el año 1981 con una mezcla del 12 % de alcohol anhidro. Hasta el año 1987 se incorporan una serie importante de provincias llegando a un consumo de 250 millones de litros de alcohol anhidro por año y se estimaba que la industria y el cañaveral existente poseían una capacidad para producir 450 millones de litros anuales. La actual ley de biocombustibles proyectada al año 2010 implicaría un consumo de 200 millones de litros suponiendo un crecimiento anual del 2 % en el consumo de naftas.

No existen estadísticas oficiales respecto de la producción nacional de biodiesel, la misma está sufriendo un crecimiento exponencial estimándose superar una capacidad de 1.500.000 toneladas a mediados del 2008. La producción se realiza en grandes instalaciones que superan las 100.000 toneladas de producción y en pequeñas y medianas plantas sumando una capacidad de 47.718 toneladas anuales (Molina, 2006).

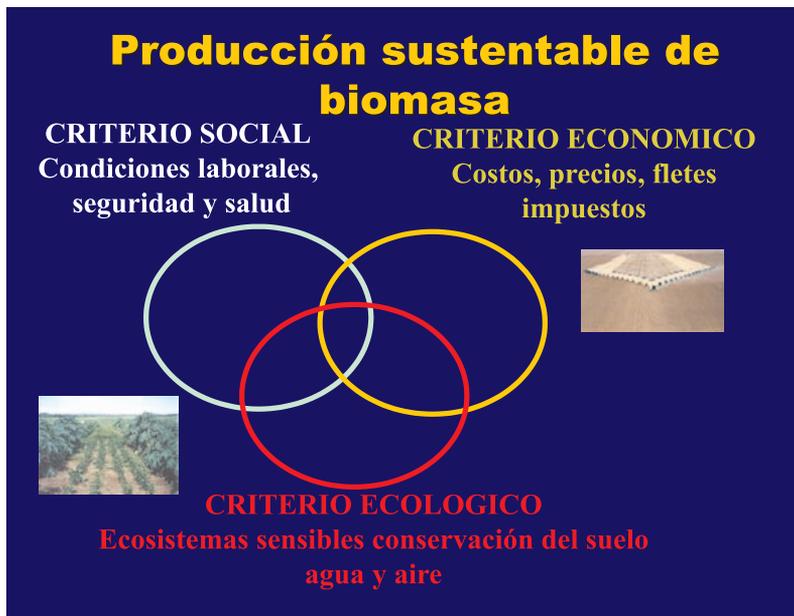
La Federación Agraria Argentina, a través de su empresa BioFAA promueve la instalación de pequeñas plantas para prensar colza y producir biodiesel. La escala de esta propuesta es del orden de 500.000 litros de biodiesel anuales (440 toneladas anuales cada planta) y se impulsa que los productores destinen el 10 % de su extensión agrícola, para la siembra de colza.

Existe una importante cartera de proyectos algunos en avanzado estado de ejecución con orientación hacia el mercado de exportación de concertarse dichos emprendimientos ligados a las grandes aceiteras y petroleras se alcanzaría un volumen de producción cercana a los 3 millones de toneladas anuales.

Según los datos del Anuario de J.J.Hinrichsen 2005, la capacidad de "crushing" de oleaginosas de nuestro país llegaba, en la segunda mitad del año pasado, a 108.508 toneladas por día, lo que implica, considerando 300 días de actividad en el año, una capacidad teórica anual de 32.552.000 toneladas.

## **Principales líneas de acción requeridos para el desarrollo de la bioenergía**

El desarrollo sustentable de la bioenergía requiere en todo momento tener en cuenta los criterios económicos ecológicos y sociales y sus posibles impactos a nivel local, regional y nacional.



### Dimensión Productiva - Agrícola

1. Definir cultivos potenciales a ser cultivados –expandidos, con la finalidad de producir biocombustibles.

En función de la vasta experiencia internacional en este tema existen dos tipos de cultivos a ser derivados a la producción de biocombustibles. En lo inmediato la obtención de grandes volúmenes de aceite convertible en biodiesel provendría de cultivos extensivos ya afincados en nuestro país como soja, girasol y de otros con gran extensión en otras latitudes como la colza.

En lo que respecta a tecnología de cultivos esto está totalmente afianzado en nuestro país a excepción de la colza que posee un desarrollo incipiente. Debería investigarse la relación entre los biotipos, en lo que respecta a calidad de aceites con relación a exigencias desde el punto de vista de los diferentes parámetros del combustible.

En la actualidad muchos países en zonas tropicales están iniciando el desarrollo de otros cultivos de mayor rendimiento por hectárea en aceite y en algunos casos sin aplicaciones alimenticias entre ellos los de mayor difusión son la palma, el ricino y la jatropha.

Se deberá prestar especial atención a cultivos adaptados a zonas de producción marginal por impedimentos de agua, tenor salino de suelos etc. De esta manera se generarán nuevas áreas que no entrarían en competencia con las actuales zonas de cultivo con destino alimenticio.

Se le esta dando a estos cultivos un tratamiento específico haciendo hincapié en los aspectos de integración social de población en riesgo por bajos

ingresos. Los programas se basan en la agricultura familiar abarcando las tareas de implantación cuidado cosecha y acopio. El desarrollo de los diferentes cultivos debe ser encarado desde el punto de vista integral abarcando los diferentes aspectos socioeconómicos y estudiando las diferentes limitantes y oportunidades que se presenten en cada eco región.

a. Aspectos agronómicos (pe. fechas de siembra, tratamiento del cultivo, época y modalidad de cosecha, maquinaria necesaria para cada una de las etapas).

Determinados cultivos no tradicionales requieren del estudio de la cosecha transporte y almacenamiento abarcando todos los aspectos logísticos. Existen alternativas desde cosecha manual familiar en algunos casos (modelo que se esta difundiendo en Brasil e India) o mecanización lo cual demandará para determinados cultivos la adaptación y/o desarrollo de maquinas específicas.

b. Requerimientos de biotipos adaptados con una finalidad energética.

Este aspecto merece un especial tratamiento dado que las características perseguidas para el uso de oleaginosas con fines energéticos difiere de los que habitualmente son buscados teniendo en cuenta requerimientos nutricionales. El mismo criterio se aplica a plantas sacaríferas que tengan potencial de transformación en alcohol.

2. Definir áreas ecológicas, superficies, limitantes y potenciales de rendimiento de cada alternativa.

Nuestro país cuenta con diversas áreas ecológicas adaptables a los diferentes cultivos de reducida difusión en comparación con los extensivos (soja – girasol). En lo que respecta a las areas tropicales la producción intensiva o extensiva demandaría estudios específicos para definir regiones más aptas e impactos ambientales.

La extensión de la frontera agropecuaria a nuevas áreas también debe ser analizada en un contexto amplio de sustentabilidad de los sistemas productivos a implantar. El ajuste de rendimientos demandará la constitución de una red de ensayos con monitoreo piloto de manera que puedan extrapolarse los resultados hacia zonas dentro de la misma ecoregión.

3. Definir cuellos de botella a ser encarados como estrategias (nacionales).

a. Estudios sobre productos colaterales, expellers, glicerina, vinaza (usos alternativos, alimentación animal, generación de nuevos productos).

Los estudios implican La aplicación de expellers en nutrición de diferentes especies animales.El uso de glicerina y otros derivados como productos agroquímicos u otros de mayor valor agregado.

·El tratamiento de efluentes con alta demanda química de oxígeno

b. Estudios de logística y comercialización.

Se requiere del estudio de emplazamiento de las plantas de producción en función de las zonas de cultivo, vías de comunicación y mercado potencial a atender. Se deberán analizar caminos, estado en las épocas de cosecha, infraestructura de transporte y acopio etc.

c. Caracterización de los procesos de transformación en alcoholes y biodiesel de las diferentes materias primas.

Se deberá contar con el apoyo de centros de excelencia en investigación en esta materia así como los referentes del sector privado con experiencia en la materia.

Se deberán centrar los esfuerzos en determinar la oferta tecnológica nacional en diferentes escalas de producción así como las alternativas químicas de producción. El uso de etanol en lugar de metanol para la generación de biodiesel.

d. Necesidad de investigación y desarrollo en procesos biotecnológicos que apunten a la mejora de la eficiencia de obtención, rendimientos y calidad de los biocombustibles.

e. Análisis de impacto ambiental de la implantación y expansión de cada uno de los cultivos, incluyendo los aspectos sociales. (pe., considerar el estudio de contaminantes sinergizando capacidades -SAyDS, Laboratorios de Referencia de Ezeiza).

f. Estudios sobre impacto en el uso de los nuevos biocombustibles en motores del sector agropecuario.

### **Dimensión Económica - social**

1. Definir todos los costos reales para la producción de Biocombustibles Líquidos, se considera que los mismos deberían alcanzar tanto a biodiesel como etanol e incluir al menos los siguientes aspectos

#### **Materias Primas:**

Costo de oportunidad de materia prima (tierra, agua, fertilizantes y agroquímicos, electricidad y combustible fósil para irrigación y equipamiento agrícola, semillas,etc) costos de investigación y desarrollo (agrícola), costo del transporte de materia prima a la planta de procesamiento, costo de mantenimiento de vehículos y caminos. Costos ambientales asociados al cultivo y cosecha (quemazones, derrames de combustible, contaminación con agroquímicos, pérdida de nutrientes, utilización del recurso agua, etc)

### **Plantas de Producción:**

Costos de investigación y desarrollo (industrial).

Costos asociados a la de construcción de las plantas, su mantenimiento y reparación. Costos asociados con la ubicación de las plantas.

### **Distribución del Producto:**

Costos derivados de su transporte, mantenimiento de vehículos y caminos (si corresponde). Costos derivados del impacto por la contaminación con emisiones al aire (si correspondiera) y posibles derrames. Costos de Investigación y Desarrollo para el diseño de sistemas de transporte dedicados.

### **Plantas de Venta y Uso final:**

Costos de construcción de plantas de dilución *in-situ*, modificaciones necesarias en los puntos de venta, en los vehículos usuarios, eventuales contaminaciones por derrames. Costo incremental del combustible fósil para su adaptación al proceso de dilución con el biocombustible

### **Costos derivados de los posibles Impactos de la producción y uso de biocombustibles:**

Influencia del uso de biocombustibles en los precios de aquellos alimentos cuyo cultivo se ha desplazado. Posibles consecuencias económicas en el mercado de combustibles y alimentos ante fallas de cosechas.

Posibles impactos del uso de biocombustibles sobre la calidad de aire a nivel local, regional e internacional

### **III Escenarios y Externalidades**

a. una dimensión económica que abarque los aspectos de economía agrícola involucrados la posible ocupación de mano de obra y desarrollo económico en zonas con economías deprimidas.

b. una dimensión energética que abarque a los combustibles fósiles y su posible evolución en el país y a nivel internacional, los impactos positivos y negativos de su reemplazo con biocombustibles.

c. una dimensión agrícola que abarque posibles fuentes de materia prima, conveniencia de uso por rindes, requerimientos agrícolas, localización de zona de producción.

d. una dimensión internacional con respecto al impacto ambiental de la emisión de gases efecto invernadero, los efectos buscados por aplicación de Proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio, la posible demanda mundial de estos productos a nivel internacional y los efectos que se esperan de los posi-

bles CERTs a obtenerse en el caso de decidir la producción en el país de biocombustibles.

e. una dimensión tecnológica que abarque el tratamiento de los avances en Investigación y Desarrollo necesarios para la implantación de una producción de biocombustibles en forma eficiente tanto en los aspectos económicos como ambientales.

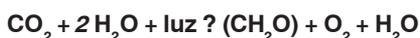
**Avances esperables en el mediano y largo plazo a través de las actividades de I+D asociadas a saltos tecnológicos / productivos, que requieren nuevas capacidades, equipamiento y generación /aplicación de conocimientos.**

Diversos estudios de escenarios probables con proyecciones hacia el 2020 presentan una serie importante de innovaciones tecnológicas que podrían cambiar el actual paradigma energético.

En el campo netamente agrícola tradicional (Millenium Project United Nations University) se plantean fuertes crecimientos de productividad con incrementos substanciales de los balances energéticos positivos. Para el caso de caña de azúcar se citan proyecciones partiendo de un crecimiento histórico como el producido en Brasil con 300 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> en 1980 550 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> en el 2000 y 900 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> para el 2020, con la asistencia de la biotecnología.

Por el lado del consumo se lograría un impacto insospechado producto de la utilización de tecnología híbrida en los vehículos particulares y comerciales a gran escala. Dicha tecnología permitiría reducir en un 50 % el nivel de consumo actual de combustibles líquidos.

Otra proyección del estudio estima posible la producción celular directa de combustibles reemplazando a los cultivos tradicionales. La base de la generación de carbohidratos por medios fotosintéticos podría tener en ese caso mejoras substanciales.



Por cada molécula de dióxido de carbono fijada durante la fotosíntesis se almacena 114 kilocalorías de energía almacenada en una planta. La energía solar incidente en la tierra alcanza los 174,000 terawatts (que representa varios miles de veces mas energía que la presente consumida por la humanidad. Dos tercios de la fotosíntesis se realiza sobre tierra, el resto depende del fitoplancton de los océanos que cubren el 70 % de la superficie terrestre.

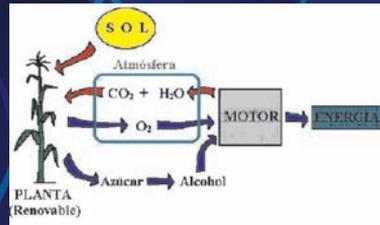
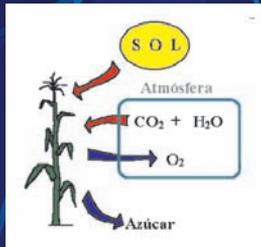
La ingeniería genética sobre organismos como las bacterias podría ser muy promisoría multiplicando un proceso bioquímico ya presente en la naturaleza. Craig Venter, uno de los biólogos que secuenció el genoma humano en el año 2000, se encuentra trabajando sobre la modificación de vida para la generación de etanol e hidrógeno a partir de microorganismos.

- Combustibles de segunda generación que implican la utilización total de la biomasa y su transformación en vectores energéticos.
- Generación de biocombustibles en forma directa a partir de organismos genéticamente modificados.
- Avances significativos en mejoras genéticas involucrando a los recursos vegetales, levaduras bacterias y demás procesos biológicos.
- Nuevos procesos de transformación industrial que impliquen mejoras substanciales en los balances energéticos y de masa.

### **Conclusión**

La bioenergía presenta enormes potenciales de desarrollo para la humanidad e importantes oportunidades para la Argentina en este nuevo contexto internacional. Los mercados y proyecciones son muy volátiles en función que no existen antecedentes mundiales que nos informen sobre el comportamiento de los mercados en un entrelazamiento de los mercados de los energéticos y los tradicionales commodities con fines alimenticios. Sumado a esto el uso y difusión esta fuertemente ligado a determinaciones y regulaciones gubernamentales. El tema de la bioenergía demanda un seguimiento constante dada la fuerte inversión en investigación y desarrollo y la probable rápida evolución que presentará la temática en los próximos años.

Las plantas absorben dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera y agua del suelo, transformándolos en azúcares y almidones (compuestos altamente energéticos); este proceso, llamado fotosíntesis, utiliza imprescindiblemente la luz solar.



## Factores que afectan el crecimiento y producción de biomasa

- Radiación solar
- Temperatura
- Disponibilidad de agua
  - Secano
  - Riego
- Macro y micronutrientes
  - Suelo
  - Fertilización
- CO<sub>2</sub>

## Tipo de planta

- C-3 forman moléculas de tres átomos de carbono. (mayoría de las especies y árboles).
  - Productividad 5.8 a 6.7 GJ/ha día
  - Temperatura óptima 15 a 25 C
  - Asimilación mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>.h 20 a 30
  - Saturación radiación solar W/m<sup>2</sup> 50 a 150
- C-4 caña de azúcar, maíz sorgo y otras tropicales
  - Productividad 8.6 a 9.3 GJ/ha día
  - Temperatura óptima 30 a 47 C
  - Asimilación mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>.h 50 a 70
  - Saturación radiación solar W/m<sup>2</sup> 500

## Eficiencia de conversión

- Puede llegar como máximo al 8–11 %
- Promedio general de todas las especies 2 %

Densidad energética 0,6 W/m<sup>2</sup>

## Tipo de almacenamiento

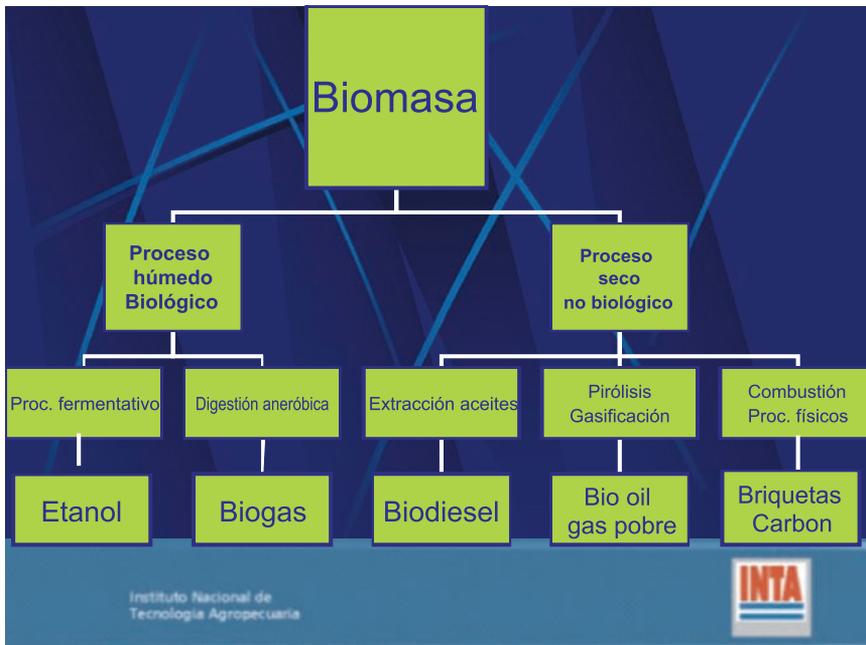
- Celulosa + lignina
- Almidon (amilaeas)
- Aceites (oleaginosas)
- Azúcares (sacáridos).

## Contenido energético

En promedio, un kilogramo de biomasa permite obtener **3.500 kcal**

PRODUCTO	P.C.I. a humedad x (kJ/kg)					
	x	P.C.I.	x	P.C.I.	x	P.C.I.
Leñas y ramas	0	19.353	20	15.006	40	10.659
Serrines y virutas	0	19.069	15	15.842	35	11.537
Orujillo de oliva	0	18.839	15	15.800	35	11.746
Cáscara de almendra	0	18.559	10	16.469	15	15.424
Cortezas						
Coníferas	0	19.437	20	15.257	40	11.077
Fronosas	0	18.225	20	14.087	40	9.948
Poda de frutales	0	17.890	20	13.836	40	9.781
Paja de cereales	0	17.138	10	15.173	20	13.209
	30	11.286	-	-	-	-
Vid						
Sarmientos	0	17.765	20	13.710	40	9.656
Ramilla de uva	0	17.263	25	12.331	50	7.399
Orujo de uva	0	18.894	25	13.543	50	8.193

Poder calorífico superior de varias fuentes de biomasa



## BIOENERGIA

Aquella derivada del aprovechamiento y transformación de biomasa<sup>[1]</sup> en diferentes vectores aprovechables energéticamente.

[1] Biomasa: Material de origen biológico, excluido el material incrustado en formaciones geológicas y transformado en fósil, como los cultivos energéticos, desechos y subproductos agrícolas agroindustriales y forestales, estiércol o biomasa microbiana. La bioenergía incluye toda la energía procedente de la madera y todos los recursos agroenergéticos (ecosistemas naturales, bosques nativos y cultivados).

## Fuentes mas comunes de residuos

- Industria del azucar y alcohol
- Mataderos y frigoríficos
- Fábricas de dulces, conservas y alimentos elaborados
- Industria de la madera
- Industria del papel y celulosa

## Biomasa

### Ventajas

- Renovable
- Almacena energía
- Conversión versatil
- Puede ser aplicada
- Creadora de empleo
- Bajo impacto ambiental
- No incrementa el CO<sub>2</sub>

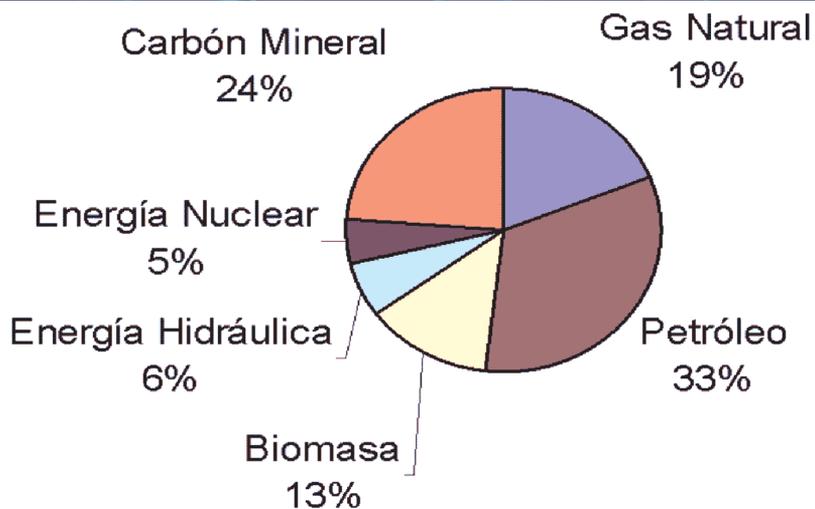
### Desventajas

- Competencia por el uso de la tierra para alimentos.
- Incertidumbre de costos.
- Requerimientos de fertilizantes agua y suelo.
- Recurso de baja densidad energética problemas de transporte

## CONDICIONES PARA QUE SE DIFUNDA UN NUEVO COMBUSTIBLE

- a. Garantice un balance energético con saldo positivo;
- b. Llegue al mercado con un precio que sea competitivo con el del combustible al que sustituye.
- c. Impliquen la menor cantidad de modificaciones a los motores en uso
- d. No ocasione una significativa reducción de la potencia o limitaciones en las condiciones de empleo
- e. Guarde una relación entre el consumo y la prestación de las máquinas equivalente o similar a la lograda con el actual gas-oil
- f. Requiera bajas inversiones en el proceso de sustitución;
- g. Pueda estar disponible en un corto plazo;

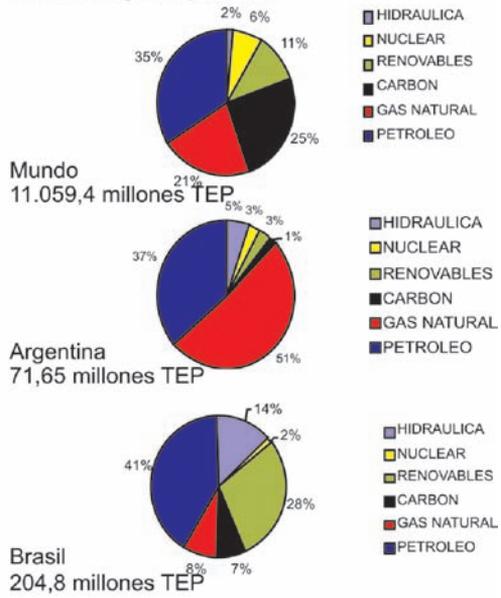
## CONTRIBUCION ENERGETICA DE LA BIOMASA MUNDO



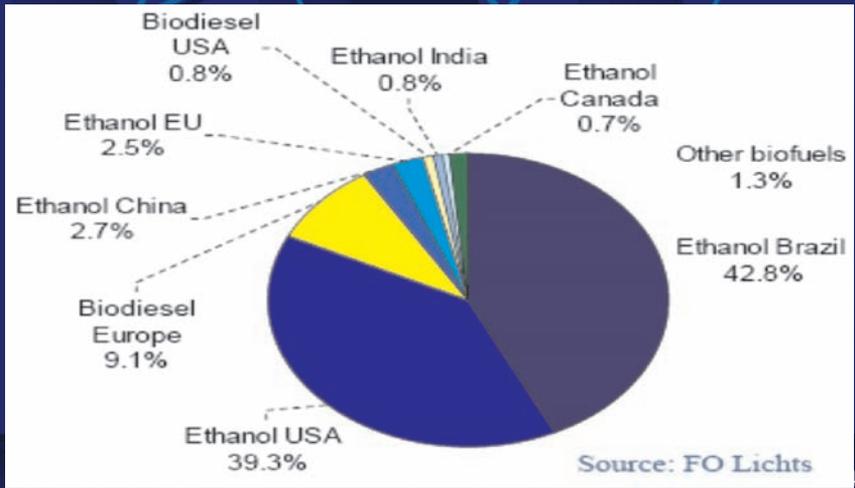
Biocombustibles,  
producto de decisiones  
gubernamentales  
y de grupos de poder

- 2010 →  
5% obligatorio

Matriz energética primaria



### Contribución de los Biocombustibles líquidos en el Sector transporte a nivel mundial (2 %)



## Las cadenas de valor son particulares para cada cultivo



## Balance energético

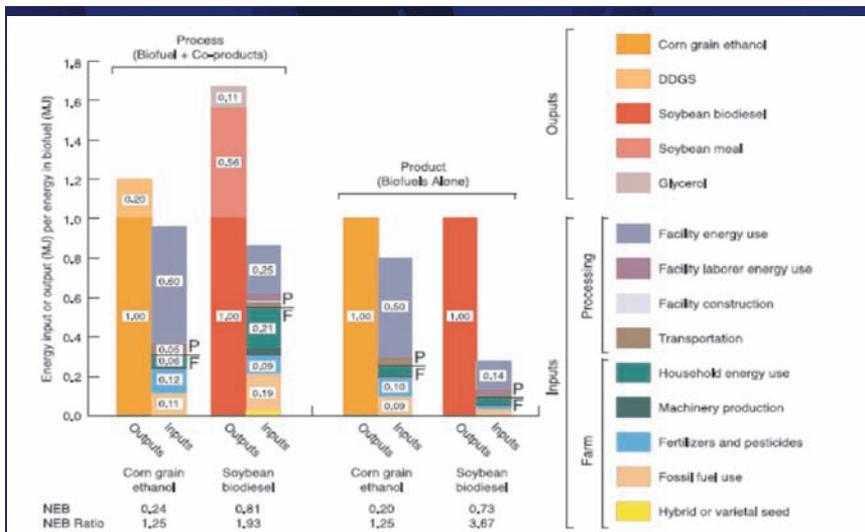
Cultivo	Rendimiento (kg/ha)	% de aceite en semilla	Rendimiento (kg aceite/ha)	Lts. aceite/ha (0,93 Kg/lit)	Factor de Conversión a Biodiesel	Lts. Biodiesel/ha	Consumo Gasoil (lts/ha) (**)	Balance Energético
Jatropha (**)	2.500	60%	1.500	1.395	0,96	1.339	50	1.289
Ricino (tártago) (**)	2.500	50%	1.250	1.163	0,96	1.116	52	1.064
Colza (**)	2.400	50%	1.200	1.116	0,96	1.071	49	1.022
Girasol (**)	1.950	40%	780	725	0,96	696	51	645
Soja (*)	2.700	18%	486	452	0,96	434	25	409

(\*) Consumo de gasoil con siembra directa

(\*\*) Consumo de gasoil con siembra convencional.

(\*\*\*) Incluye consumo de gasoil en todo el ciclo de cultivo desde siembra a cosecha.

Fuente L.Donato IIR INTA 2005



Biodiesel de soja devuelve 93% mas energía que la empleada para producirlo  
 El Bioetanol de maíz el 25%  
 Datos de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos. – julio 2006

## BIOMASA SOLIDA

Adecuación de la materia prima para procesos termoquímicos

- Clasificación
- Limpieza de cuerpos extraños
- Reducción del tamaño de partículas
- Secado
- Densificación

## BIOMASA LIQUIDA



- Pueden ser utilizados como carburantes de los motores de combustión interna, adaptándose al estado actual de la técnica, tanto en los de encendido por compresión como por chispa, aceites vegetales con diferentes grados de transformación y los alcoholes.
- Según el tipo de carburante obtenido y la técnica de transformación utilizada, la relación energética global, incluyendo el valor energético de los subproductos, alcanza valores entre 2 y 2.5.

## Aplicaciones en motores de combustión interna

- Biocombustibles para los motores de encendido por compresión (ciclo Diesel), reemplazando al gasoil, diesel
  - Aceites, metilésteres
  - Otto Diesel (aceite de maní) 1861.
- Biocombustibles para los motores de encendido por chispa (ciclo Otto), que formarían parte de la familia de las naftas
  - Los alcoholes que pueden utilizarse como combustible son: metanol ( $\text{CH}_4\text{O}$ ), etanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ), propanol ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ) y butanol ( $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ), siendo el metanol y el etanol los que en estos momentos tienen mayor interés práctico.
  - Henry Ford 1908 etanol.



## Modificación para su uso puro en motores

- Aumento de la relación de compresión
- Variación de la mezcla combustible aire
- Bujías resistentes a mayores temperaturas
- Conductos resistentes
- Mejoradores del arranque en frío

4 millones de vehiculos en Brasil



## DEFINICIÓN

Dentro del uso de diferentes tipos de aceites y derivados se reserva el término de BIODIESEL a un conjunto de combustibles oxigenados basados en ésteres de fuentes biológicas renovables (aceites vegetales, grasas animales, aceites reciclados y grasas usadas). Como terminología general su empleo en motores de combustión interna puede realizarse al 100 % puro (B100) o en mezclas de proporciones variables con gasoil (Ej. B20) 20 % biodiesel 80 % gas-oil..

## COMO DETENER EL PROCESO DE DETERIORO



La biomasa tiene contenidos en azufre prácticamente nulos, generalmente inferiores al,1%. Por este motivo, las emisiones de dióxido de azufre, que junto con las de óxidos de nitrógeno son las causantes de la lluvia ácida, son mínimas

## ESTANDARES VIGENTES EN LA UNION EUROPEA 2006

(EN590, DIN 51606 & EN14214)

**EN590** (actually EN590:2000) describe las propiedades físicas que debe cumplir todo biodiesel para poder ser vendido en la Union Europes, Czech Republic, Iceland, Noruega o Swiza. Permite las mezclas hasta un 5 % con gasoil. En algunos países como Francia esta mezcla es la standard del mercado.

**DIN 51606** es la norma Alemana para Biodiesel considerada como la de mas alta exigencia existente, casi todos los fabricantes la tomas como garantía de calidad del producto. La mayor parte del biodiesel producido en europa cumple con esta norma.

**EN14214** EN14214 es la norma par biodiesel recientemente finalizada por la Organización Europea de Normalización **CEN**. Se basa practicamente en la norma DIN 51606.



Ing. Agr. Jorge A. Hilbert  
Instituto de Ingeniería Rural

## Acciones que afectan al tractor CALIDAD DE COMBUSTIBLES



resolución 271/2006 del 24 de Febrero 2006

Contenido de azufre máximo en peso según norma  
ASTM D-3120 o D-4294 o IRAM-IAP A 6598 o A 6516  
año 2008

- Gasoil grado 1 (Agrodiesel) 2500 ppm
- Gasoil grado 2 500
- Gasoil grado 2 Ciudades 50 ppm
- Gasoil grado 3 50 ppm y 10 ppm 2011
- Biodiesel B 100 ASTM D 4294 o IRAM – IAP A 6539 o A 6516  
máximo UN CENTESIMO (0,01) Mezclas biodiesel Bxx No puede  
superar el del gasoil con el cual se mezcla

Ing. Agr. Jorge A. Hilbert

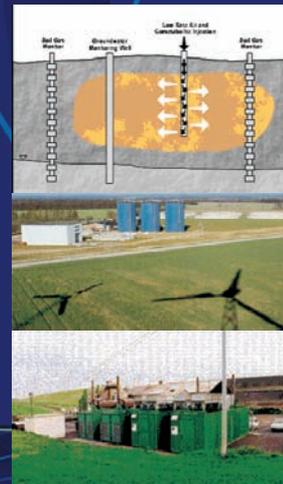
## Vectores gaseosos



- Pirolisis y gasificación de la biomasa ligno-  
celulósica
  - Gas con un PCI del orden de 5.6 MJ/m<sup>3</sup>
- Fermentación anaerobia con PCI del orden de  
20 a 25 MJ/m<sup>3</sup>
  - Relación energética global superior a 2.

## Campos de aplicación

- Tratamiento de basuras de ciudades
- Agroindustrias
- Pequeños digestores rurales
- Producciones agropecuarias intensivas
- Tratamiento de aguas cloacales



## Objetivos buscados

- Estabilización de efluentes
- Producción de energía
- Reducción de la contaminación
- Higiene y protección ambiental
- Producción de biofertilizantes y alimentos

**Estimación de la producción de metano a partir del estiércol generado en los establecimientos lecheros**

Provincia	Cuenca	Establecimientos	Cantidad de vacas	Producción de leche (% s/ total provincial)	Productividad (kg GB/ha/año)	Kg SV/vaca/día (6)	m3 CH4/Kg SV (6)		Metano producido por lavado de instalaciones en tambos (kg CH4/d)	
Santa Fe (1*)	Santa Fe Centro	5.194	488.125	90%	130	2,90	0,13	1,00	12.050	
	Santa Fe Sur	362	46.285	10%	157	2,90	0,13	1,00	1.146	
	Resto Provincia	108	6.035	1%	65	2,90	0,13	1,00	149	
	<b>Total Provincia</b>	<b>5.664</b>	<b>540.445</b>	<b>100%</b>	<b>133</b>	<b>2,90</b>	<b>0,13</b>	<b>1,00</b>	<b>13.386</b>	<b>33.898</b>
Córdoba (2*)	VILLA MARÍA	2.981	262.500	33%	90	2,90	0,13	1,00	6.502	
	Central	1.097	112.500	16%	s/d	2,90	0,13	1,00	2.787	
	Noreste	2.487	255.000	34%	s/d	2,90	0,13	1,00	6.316	
	Sur	750	120.000	17%	s/d	2,90	0,13	1,00	2.972	
	Resto Provincia	-	-	-	-	2,90	0,13	1,00		
	<b>Total Provincia</b>	<b>7.315</b>	<b>750.000</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>	<b>2,90</b>	<b>0,13</b>	<b>1,00</b>	<b>18.577</b>	<b>47.125</b>
Buenos Aires (3*)	Abasto Sur	2.398	133.500	s/d	90	2,90	0,13	1,00	3.307	
	Abasto Norte	832	81.025	s/d	100	2,90	0,13	1,00	2.007	
	Oeste	2.413	316.500	s/d	90	2,90	0,13	1,00	7.839	
	Mar y Sierras	358	66.699	s/d	110	2,90	0,13	1,00	1.652	
	<b>Total Provincia</b>	<b>6.001</b>	<b>597.724</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,90</b>	<b>0,13</b>	<b>1,00</b>	<b>14.805</b>	<b>37.557</b>

## DESAFIOS

- Nuevos cultivos
- Aumentar rendimientos
  - tecnología de productos:
    - semillas
    - fertilización
  - tecnología de procesos

**Sustentabilidad y posibilidad de aprovechamiento por parte de grandes y pequeños productores**

## Analisis espacial para la determinación del potencial en producción de biocombustibles

### ❖ Metodología Etapa I

#### Listado de cultivos con potencial para la elaboración de biocombustibles

#### ❖ Mapa de regiones con aptitud bioclimática para cada cultivo

Requerimiento hídrico ( *riego complementario* )

Requerimiento de temperatura y radiación solar

Necesidades de fotoperíodo

Efectos de la heladas y golpes de calor

Limitantes abióticas – desgrane- vuelco-

**Se delimitan áreas con aptitud alta, media, baja, marginal e inaptas**

#### ❖ Mapa de capacidad de uso de los suelos: textura, profundidad, relieve

(Mapa INTA escala 1:500.000 )

### ❖ Mapas de aptitud agroecológico cada cultivo ( 1: 500.000 )

### ❖ Integración de los mapas en un S.I.G.

## Etapa 2

### Evaluación Económica

- Costos de producción - semillas (existencia o obtención de germoplasma) competitivo, inducción de mutaciones)
  - aplicación de fertilizantes, agroquímicos, etc
  - uso eficiente del agua (riego -secano)
  - posibilidad de intersembros o doble cultivo
- Técnicas de recolección (manual o mecánica)
- Costos de transporte, almacenamiento, comercialización
- Costos de procesamiento: - capacidad de las plantas
  - tecnología industrial
  - distancia de la materia prima a las plantas
- Costos operación en puertos

### Construcción de una nueva cadena de valor

**Evaluar requerimientos para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de los diferentes actores**

**Mapa de áreas con aptitud para cultivos con destino a biocombustibles agro ecológicas y económicamente sustentables**

## Implementación de un Sistema de Información sobre Recursos Biomásicos

### Wisdom FAO Argentina

#### 1- Selección de la base espacial

- Departamento
- Pueblos
- Raster (250 m pixel)



#### 3. Modulo de oferta

Mapas de uso de la tierra estadísticas

Biomasa disponible a partir de:

- Bosques implantados o nativos
- Residuos de industria forestal
- Residuos de la agroindustria
- Residuos de la ganadería

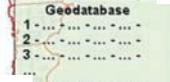
Accesibilidad (distancia, relieve, áreas protegidas)  
Modelo digital de terreno  
-infraestructura de transporte

#### 2. Modulo de demanda

Consumo de leña y carbón por departamento y tipo de usuario

-consumo domestico rural v urbano

-uso comercial e industrial  
Uso de residuos forestoindustriales o de cultivos



#### 4. Modulo de Integración

Potencial de oferta accesible de biomasa para energía

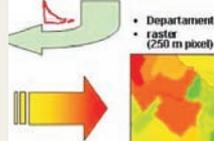
Balance de producción-consumo por dpto.

Balance por buffer

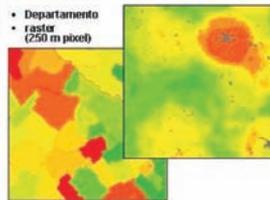
Áreas deficitarias

Áreas con exceso

Indicadores de pobreza



#### 5. Áreas prioritarias



## VENTAJAS PARTICULARES DE LA ARGENTINA



## PARTICULARES VENTAJAS DE ARGENTINA



### Inversiones y proyecciones alcohol

- Los Balcanes Tucuman 100.000 T/año (31.000 has maíz).
- Adecoagro 200.000 T/año
- Plan Maizar 40 plantas regionales generando 3,5 m T de alimento DDGS y 4 m de T de alcohol.