PRIMER SEMINARIO NACIONAL SOBRE AGROENERGIA EN URUGUAY

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

OFICINA DEL IICA EN URUGUAY

MONTEVIDEO — URUGUAY — 1981

PRIMER SEMINARIO NACIONAL

SOBRE

AGROENERGIA EN URUGUAY

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA

OFICINA DEL IICA EN URUGUAY
MONTEVIDEO - URUGUAY - 1981

~~001127~~

00002033

PRESENTACION

Dentro de las actividades del Programa Hemisférico de Agroenergía del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, la Oficina de Uruguay organizó durante los días 10 y 12 de diciembre de 1980, en Montevideo, conjuntamente con el Ministerio de Agricultura y Pesca y el Ministerio de Industria y Energía el Primer Seminario Nacional de Agroenergía.

Fueron objetivos del Seminario, el conocer los aspectos relevantes de las experiencias nacionales y latinoamericanas de la utilización de la biomasa con fines energéticos, bien como permitir una reflexión sobre las perspectivas de la agroenergía en el contexto de los problemas energéticos del país.

Participaron en el Seminario técnicos nacionales y latinoamericanos mediante la exposición de temas afines con esta materia. La presente publicación comprende las exposiciones realizadas por técnicos uruguayos, incluyendo también la exposición del Director General del IICA, durante los días del Seminario. Igualmente se anexan a la presente las Conclusiones y Recomendaciones, elaboradas por cuatro grupos de trabajo, integrados por los participantes al Seminario. Debe destacarse que la presente publicación se hizo posible, en virtud de que los expositores entregaron los textos e informaciones de sus exposiciones, por lo que agradecemos esta colaboración que permite brindar este material.

Se considera que estas exposiciones, constituyen un aporte significativo para la identificación de acciones prioritarias para el tratamiento de los aspectos energéticos con participación de la biomasa.

Agradecemos los auspicios de los Ministerios de Agricultura y Pesca y de Industria y Energía, como también el amplio apoyo brindado por parte de los organismos nacionales, públicos y privados y de los participantes a la realización de este Seminario.

Norberto H. Pasini
Director
Oficina del IICA en Uruguay

CONTENIDO

PERSPECTIVAS AGROENERGETICAS DE AMERICA LATINA

José Emilio Araujo
Director General
Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura

EL FIN DE LA ENERGIA BARATA DE PETROLEO

En la década de los 80 la humanidad está sufriendo de lo que se puede llamar el trauma del futuro: el fin muy cercano de la energía fluida barata basada en el petróleo, consubstanciado en los siguientes problemas básicos:

a) la incapacidad de garantizar una oferta estable, en la actualidad, y

b) la realidad de que, a mediano plazo, los hidrocarburos se extinguirán.

Desafortunadamente, la década de los 80 está siendo recibida en un ambiente de penuria, en un Continente que ya se enfrenta con graves problemas, a los cuales se suma el de la crisis energética. Es necesario meditar un poco sobre los problemas que nosotros mismos hemos creado. Analicemos algunos de ellos:

1. Concentración Poblacional

Frente a la perspectiva de que el 20% de la población del Continente viva en el campo en el año 2000, asume relevancia la cuestión de saber quién producirá alimentos. Serán grandes unidades mecanizadas, que tendrán un consumo masivo de petróleo y sus derivados.

Las ciudades, a su vez, seguirán atrayendo a los jóvenes y, en consecuencia, los que quedarán en el campo serán probablemente las personas de edad madura y los viejos.

Qué impacto produciría en el sector rural la inversión migratoria? Ciudades de tipo mediano, dispersadas por el interior de los países? En este caso, no debemos de olvidar que la mejor tierra agrícola ha sido siempre la más utilizada también en la construcción residencial.

Estamos dispuestos a aceptar leyes de zoneamiento agrícola? Podemos lograr que éstas se cumplan si contamos con la presión de 500 millones de personas?

2. Prioridad Industrial

El sector agropecuario ha sido visto como bueno sólo para ser explorado, generar divisas, crear riquezas, servir como pasatiempo y, como resultado de la estructura de la tierra, establecer el poder político y económico. El sector no ha sido debidamente incentivado y actualmente, en 1980, la desigualdad de ingreso existente en el mismo es una de las causas de la intranquilidad política contemporánea.

El transporte de productos del campo para la ciudad persiste aún en el actual modelo agroindustrial. El proceso industrial no se ha descentralizado justificándose en los tradicionales argumentos de economías de escala.

Sin embargo, es posible lograr una industria que haga uso de fuentes de energía local, tales como agua, residuos vegetales, aire, luz solar y otras que tal vez surjan y que con el tiempo resulten más eficientes que la electricidad generada por usinas térmicas.

La industria latinoamericana tiene que examinar su papel en el desarrollo, en la tecnología y en las economías de localización. El costo actual del petróleo requiere nuevos modelos de desarrollo industrial, que concuerden más con los precios y la escasez real de los hidrocarburos a mediano plazo.

3. Visión Extractiva del Sector Rural

En los últimos veinte años, siempre que se habla de sector rural se menciona en primer lugar las divisas, viniendo el resto por añadidura. La agricultura comercial es la exportadora, la base de la dicotomía económica continental; esa es la concepción casi mesiánica que se tiene del sector agroexportador.

Los alimentos son comprados con divisas de origen agropecuario o con las producidas por el campesino marginalizado; el crédito, cuando es concedido, beneficia principalmente los productores de exportación; la investigación trata básicamente de los problemas de dichos productores; la extensión agrícola es orientada para el gran productor; los productos y mercados de exportación son diversificados y, después, nos preguntamos por qué el pequeño y mediano agricultor no quieren producir alimentos.

Lamentablemente, intentamos corregir esa situación en una epoca en que el crédito está escaso y sus condiciones son cada vez más rígidas, las tasas de interés crecen y los períodos de gracia y de amortización se reducen. En ese caso, el esfuerzo obviamente tendrá que ser mayor y los resultados tendrán menor posibilidad de éxito total y seguro.

4. Uso Masivo de Transporte Individual

El transporte vial ha sido y seguirá siendo, sin duda, una herramienta importante en la implantación, colonización y desarrollo de muchas zonas del Continente, pues el hombre resiste a la vida aislada.

Este hecho representa un serio problema, ya que en el pasado el Continente no ha desarrollado sistemas de transporte colectivo, haciéndolo solamente por medio del transporte individual.

5. Cambios en los Modelos de Ocupación

Los efectos que los hidrocarburos baratos han producido en el Continente están reflejados en las formas de ocupación y sobretodo en la arquitectura y apariencia de las ciudades.

Las ciudades primitivas, con gran número de árboles y casas, donde las corrientes de aire, las ventanas, los árboles, las terrazas y los espacios eran aprovechados para refrescar el ambiente dieron lugar a la arquitectura moderna. Las habitaciones climatizadas, símbolo de la era moderna y sinónimo de desarrollo, dependen totalmente de la energía.

De eso resultó un modelo de ocupación urbana y de edificaciones para el cual necesitamos de energía para el enfriamiento y el calentamiento de la temperatura ambiente, para la iluminación, la cocina, el baño, el acceso y la salida de la casa, el transporte para el trabajo, en fin, nos hemos convertido en esclavos de la energía líquida - el petróleo.

6. Desarrollo de "Paquetes Tecnológicos" Dependientes

La América Latina - y siempre que a ella nos referimos incluímos también al Caribe - igual que el resto del mundo en desarrollo, ha estado sujeta en los últimos años al difundido esquema técnico de "paquete tecnológico", que es, en esencia, un esquema orientado a la obtención de alta productividad mediante la introducción de insumos de origen químico altamente sofisticados, que controlan y manejan el medio ambiente en favor de la industria y su producción.

En la práctica, aunque capaces de mejorar los niveles de producción, grande parte de esos insumos nos hace dependientes de una tecnología que se encuentra, en la mayoría de los casos bajo el control productivo y/o tecnológico de países, a veces fuera de la región, consolidándose de ese modo un esquema tecnológico que, en la hipótesis de una crisis de producción en las fuentes de origen, podrá tener muy serias consecuencias en el Continente.

7. Abandono de las Tecnologías Naturales

El modelo de hidrocarburos baratos y su disponibilidad nos han hecho abandonar los productos naturales, los recursos orgánicos, el control biológico y muchas otras modalidades de uso de la naturaleza.

En el pasado se utilizaban insecticidas, vermicidas, fungicidas y fertilizantes de origen natural. Es posible que no hayan sido muy eficientes, pero nadie ha investigado la forma de mejorarlos.

Cuando los insectos presentaron resistencia a los productos químicos artificiales, entonces retornamos a los productos naturales. Hace algún tiempo se descubrió que la fijación de nitrógeno no era patrimonio de las leguminosas, pero pocos prestaron atención especial a ese hecho.

El problema que se señala ahora puede ser comprendido en toda su magnitud si pensamos en lo que representa traer un producto químico cualquiera para el mundo en desarrollo, llevarlo para el interior del país en tiempo oportuno y aplicarlo donde, como y cuando es necesario.

Delante de un proceso tan amplio y complejo, se justifica el sentimiento fatalista de nuestro pequeño y mediano agricultor, cuando él afirma que es imposible que dichos "paquetes" funcionen y que los insumos sean obtenidos a tiempo, a buen precio y del tipo adecuado.

El sistema de oferta de productos tecnológicos debe ser analizado y contemplado dentro de la perspectiva energética actual.

8. Postergación del Sector Productor de Alimentos

Basados en lo que acabamos de decir, es un poco difícil no intentar racionalizar por qué, con la debida lógica, los alimentos han sido postergados.

Aunque, por un lado, hubiera hidrocarburos y, por otro, el Continente produciera artículos agrícolas que el mundo desarrollado deseaba, tales como café, azúcar, cacao, té, carne, bananas, siempre era posible adquirir los alimentos de aquellos que compraban nuestras exportaciones.

A su vez, el modelo de hidrocarburos baratos creaba dos mundos: uno urbano, con modelos de consumo de alimentos semejantes a los de los países que compraban nuestras exportaciones, y otro, formado por el sector rural y sus habitantes, que en general se alimentan de los productos de nuestro Continente.

El sector rural ha sido; es y será autosuficiente. Con raras excepciones, como la del trigo, se produce lo que se necesita. Sin embargo, ocurrió que dicho sector comenzó lentamente a ser abandonado, mientras crecía a ritmo acelerado el sector urbano.

Mientras el habitante del medio rural producía su propio alimento y las ciudades representaban el 30 o 40% de la población, el esquema agroexportador podía costear los alimentos consumidos en las ciudades. Pero cuando se invirtió el sistema, sobrevino la crisis.

Las exportaciones no pueden satisfacer las exigencias de alimentación de las ciudades cuando éstas pasan a abrigar el 65 o 70% de los habitantes del país que, además, poseen patrones de consumo que no se satisfacen con los productos que el campesino cultiva para su propia alimentación.

La crisis de alimentos existente en la actualidad no es sólo una crisis de producción, sino también una crisis de patrones de consumo, una vez que consumimos lo que no producimos. Aprender a comer es tan impotante como aprender a producir.

LA OPCION AGROENERGETICA: RACIONALIDAD Y VENTAJAS

El modelo energético del momento nos ha llevado a la dependencia casi total de una única fuente. Por otro lado, si hacemos un análisis retrospectivo del desarrollo de la humanidad, veremos que ésta ha pasado por cuatro etapas, con respecto a la energía.

- la etapa agraria, dependiente de la energía humana, térmica (leña) y eólica (molinos, barcos a vela). En esa etapa las fuentes son hasta cierto punto tecnológicamente ineficientes, aunque diversificadas;
- la etapa industrial, en la cual el proceso industrial comienza a salir del contexto primitivo, descubriendo el carbón y la máquina a vapor;

- la etapa prepetrolera, en la cual se empieza a conocer los usos comerciales y parcialmente energéticos del petróleo;
- la etapa petrolera, en la cual dependemos del petróleo como base esencial del sistema energético.

A nivel de país y/o de región, la América Latina pasa en este momento, simultáneamente, por algunas de esas etapas. Presenta especial interés, sin embargo, el hecho de que el modelo latinoamericano evoluciona casi directamente de la etapa agraria o tradicional para la petrolera, con el consecuente desajuste técnico y socio-económico.

En este momento, el Continente realmente alcanza niveles de escasez y de inseguridad de abastecimiento de hidrocarburos, lo que significará un obstáculo a su desarrollo futuro.

La meta de los próximos años deberá ser la garantía de un abastecimiento estable, quedando la obtención de fuentes alternativas como la opción del mundo en desarrollo. La justificación de esta búsqueda está en el hecho de que, aunque los países en desarrollo adapten e implementen de manera eficiente sus modelos económicos con base en el petróleo, podrían verse frente al resultado de que cuando consigan alcanzar los patrones del mundo hoy desarrollado, el petróleo sencillamente estaría agotándose en plazos relativamente próximos.

Frente a esa realidad, es urgente que la perplejidad sea substituída por la creatividad, a partir de esa visión crítica del modelo socio-económico a que se han sometido los países en desarrollo, por el hecho de haber copiado, como era natural, el modelo de desarrollo occidental basado en hidrocarburos baratos. Sin lugar a dudas, este modelo ha ejercido, a mediano plazo, más influencia en el Continente que cualquier otro esquema de desarrollo.

El producto final de este esfuerzo creativo será la utilización de un manantial tecnológico menos dependiente y propulsor de soluciones adecuadas a nuestra constelación de recursos energéticos renovables.

Dentro de este contexto, la opción agroenergética emerge dotada de importantes componentes para el ecuacionamiento del Problema Energético, entre los cuales señalamos:

1. Disponibilidad Inmediata

La tecnología agroenergética está disponible, no exigiendo investigación masiva o altamente sofisticada.

La substitución de combustibles derivados de petróleo podrá recibir importante contribución, a corto y mediano plazo, a través de las siguientes opciones complementarias:

a) substitución de gasolina por alcohol

b) substitución del diesel por aceite vegetal

c) substitución de los derivados combustibles del petróleo de uso industrial, principalmente por leña y carbón vegetal y residuos vegetales.

La autosuficiencia energética en el Sector Rural podrá ser alcanzada a través de biodigestores, microdestilerías y utilización de pequeñas caídas de agua.

Los residuos vegetales y animales también pueden servir como fuente de biogas para uso doméstico e industrial y, además, como fuente de biofertilizantes.

Desde el punto de vista tecnológico, el problema está en el mejoramiento y aumento de la eficiencia de lo que existe, por lo menos a mediano plazo, orientándose los nuevos esfuerzos para perfeccionar más los aspectos agronómicos que los tecnológicos.

2. Origen Renovable y no Monopólica

Una limitación evidente que presentan algunas de las fuentes basadas en minerales, es su potencial agotamiento en fecha próxima o remota.

Los minerales energéticos, igual que el petróleo, están distribuídos sobre la faz de la tierra de manera no necesariamente uniforme. Tal situación, que ha convertido la OPEP en poderoso desafío económico, puede repetirse con cualquiera de los minerales energéticos.

Las fuentes agroenergéticas no sufren ninguna de las limitaciones aquí señaladas.

3. Apoyo en Tecnologías Universales

Potencialmente es viable el caso de que mediante la investigación tecnológica alguien descubra un proceso de transformación de determinado tipo de materia prima en fuente energética. Dicha posibilidad solucionaría parcialmente el problema energético, aunque mantenga la dependencia tecnológica que, en las actuales condiciones, crea situaciones inconvenientes para algunos países cuando, por razones políticas o de seguridad, se restringen determinados elementos tecnológicos.

4. Tecnología económicamente accesible a los grandes y pequeños países

Uno de los principales problemas presentados por algunas de las alternativas energéticas conocidas es su inaccesibilidad económica a los pequeños países. Asúm cuando la tecnología existe y hay disponibilidad de materia prima mineral, el proceso de transformación resulta tan costoso desde el punto de vista económico que el peso financiero creado para el país la hace de casi imposible absorción y económicamente inaccesible.

La accesibilidad en términos económicos constituye, en base a lo que está ocurriendo actualmente, la principal ventaja de las tecnologías agroenergéticas.

PRODUCCION DE ENERGIA Y PRODUCCION DE ALIMENTOS

Es indudable que el hecho de buscar fuentes renovables de energía en el campo de la agricultura genera una nueva dimensión al problema ya existente de la producción de alimentos y su desbalance con el crecimiento poblacional. En este sentido, América Latina y el Caribe son un conglomerado de países que en su mayoría se caracterizan por ser:

- Importadores de productos alimenticios básicos necesarios para cubrir sus demandas internas y balancear la dieta alimenticia de la población.

- La mayor parte de los productos alimenticios básicos proviene de pequeños y medianos productores; así, por ejemplo, en América Central aproximadamente el 70% del frijol y maíz que se produce en el área proviene de pequeñas unidades de producción (menores de 5 hectáreas); cifra que posiblemente no difiere significativamente de los países del Sur y especialmente de los llamados países andinos (Bolivia, Perú, Ecuador), cuyos sistemas de producción de tipo tradicional no han sido tan afectados en comparación con los sistemas de agricultura empresarial.

- También la mayoría de nuestros países basan su economía en mayor o menor grado, en la generación de divisas por cultivos de exportación como caña de azúcar, cacao, café, banano o de productos ya elaborados de tipo agroindustrial como aceites, jugos y otros derivados de frutas, etc.

Por tanto, la consideración de la agricultura como una alternativa de fuentes renovables de energía debe llevar a una consideración cuidadosa de las necesidades y problemas ya existentes de producción de alimentos, de manera que la ejecución de un programa agroenergético trate de compatibilizar las necesidades de ambos sectores, el alimenticio y el energético.

En este sentido creemos en la existencia de una serie de medidas a ser consideradas para crear ese modelo que armonice el desarrollo de la producción alimenticia y la de energía, minimizando la competencia que a primera vista pareciera evidente.

Esas medidas o parámetros a ser observados pueden resumirse en los siguientes:

1. Disponibilidad de Tierras

No todos los países de América Latina y el Caribe poseen tierra disponible que permita expandir su frontera agrícola con relativa facilidad. Tomemos por ejemplo el Caribe donde la mayoría de las islas, desde el punto de vista geológico, es parte de una cadena montañosa, y las tierras planas o ligeramente onduladas adecuadas para agricultura son muy limitadas; fluctúan entre 9 y 27% del territorio nacional, excepción tal vez de Barbados, que es una isla bastante plana con un 77% de área cultivable.

En la mayoría de las islas, los mejores suelos agrícolas (topografía plana, buena disponibilidad de agua y buen drenaje) son utilizados en cultivo de caña de azúcar y otros cultivos de exportación como bananos y piña, limitándose la expansión de áreas para cultivos alimenticios, ya que para tal propósito quedan disponibles tierras no aptas por condiciones adversas de disponibilidad de agua, topografía accidentada, salinidad y suelos muy superficiales.

Por lo tanto, los países en que además de disponer de mucha tierra, ésta es adecuada para el cultivo de una o más especies alimenticias y/o energéticas, llevan una gran ventaja sobre aquellos de extensión territorial limitada e inadecuada para ampliar su frontera agrícola.

2. Tecnología de Producción

La agroenergía o el proceso de producción de cultivos energéticos, debe diferir sustancialmente de la agricultura convencional de producción de alimentos y fibras, puesto que por principio los objetivos son diferentes y ello implica crear nuevas variedades, nuevas técnicas de cultivo, espaciamientos, fertilización, etc., ya que todo el bagaje de conocimientos existentes, sea para caña de azúcar u otros cultivos "energéticos",

fue desarrollado con otros propósitos, por ejemplo la producción de mayor cantidad posible de azúcar por área. En el campo de la energicultura, el objetivo será la producción de alcohol o azúcar más alcohol, lo cual posiblemente alterará las tecnologías hoy existentes; habrá que pensar en qué nuevos sistemas de producción permitirán el manejo de sistemas policulturales que aseguren un ritmo de producción de materia prima vegetal más uniforme a lo largo del año agrícola, lo cual a su vez permitirá una producción igualmente uniforme de producto-alcohol.

Esto significa que a nivel industrial nuevos modelos de producción agrícola deberán alterar al actual patrón de producción industrial, para pasar de los 180 a 200 días de molienda de caña de azúcar por ejemplo, a un proceso sostenido por períodos mayores para dar cabida a la biomasa producida por los diversos cultivos componentes de los sistemas de producción, por ejemplo, caña de azúcar y sorgo dulce.

3. Producción y Productividad

A la par de la utilización de variedades y técnicas que aseguren incrementos en producción y productividad, deberá darse importancia a la aplicación de sistemas de producción tanto especializado para cada sector como de efecto combinado, que aseguren una maximización en el uso de los factores y recursos disponibles.

En el sentido, existe ya una serie de sistemas de resultados comprobados en diferentes ambientes, por ejemplo sistema de producción de caña de azúcar en asociación con frijol o maíz, muy común en algunos países de América Central, o de especies forestales y especies perennes en cultivos alimenticios, como son las asociaciones de hule con frijol o arroz o maíz, en la región amazónica del Brasil, para mencionar sólo algunas de las existentes.

4. Complementación en el Uso de la Energía

Existe evidencia de que la eficiencia en el uso de energía a nivel de finca fluctúa entre un 5 y 25%, la cual es posible de ser mejorada con miras a conseguir un autosuministro de energía en las diferentes etapas de producción, a través de un uso más intensivo de los adubos orgánicos, la utilización de residuos orgánicos y animales en la producción de biogas, técnicas más eficientes de mecanización uso de recursos hidráulicos, etc.

5. Decisión Política y Modelos de Política Energética

Ningún programa de producción de alimentos o de energía es viable sin la intervención de una decisión política de apoyo pleno en las diversas etapas de producción que aseguren su implementación y realización.

En cuanto a los modelos de política energética a ser adaptados por los países, dependerá de las características económicas, agronómicas, sociales y políticas de cada país.

En el caso de países no petroleros y que buscan otras alternativas en el sector agrícola, no deben éstas limitarse a una sola fuente, y mucho menos si ésta está sujeta a cambios en el mercado internacional, tal como ocurre con la caña de azúcar.

Brasil en principio ha adoptado su modelo energético de substitución de combustible líquido por alcohol, aceites vegetales y madera, modelo que se ajusta a ciertas características propias del país, tales como:

- falta de fuentes desarrolladas y suficientes de petróleo;
- disponibilidad de vastas áreas de tierras inexploradas con características ecológicas adecuadas para el cultivo de caña de azúcar;
- existencia de una capacidad altamente desarrollada en ingeniería y construcción, capaz de generar toda la infraestructura de producción requerida;
- decisión política y apoyo gubernamental en todas las etapas del proceso de producción y utilización del producto.

En contraste, analicemos por ejemplo el caso de un país de extensión territorial reducida como Jamaica, país típico del Caribe, cuyas características resultantes son las siguientes:

- es un país montañoso por excelencia y poca disponibilidad de tierra plana cultivable (18% del total);
- reducida capacidad en ingeniería y construcción de infraestructura industrial;
- reducida extensión territorial, aproximadamente a 4.000 millas cuadradas, en su mayoría montañosa.

La sola comparación de las características imperantes en este país imposibilitaría aplicar el modelo energético del Brasil a pesar de que Jamaica, al igual que otras islas del Caribe, tiene tradición en el cultivo de la caña de azúcar para la producción de azúcar y/o de ron para exportación.

La definición de áreas para cada propósito jugará un papel preponderante, o sea, la zonificación agroecológica (producción de alimentos) a la par que una zonificación agroenergética (producción de energía). En el área centroamericana se han realizado algunos esfuerzos en este sentido, especialmente los estudios que en 1968 llevó a cabo la Secretaría de Integración Económica de Centro América, SIECA, en cooperación con el IICA, con el propósito de establecer regiones agrícolas en el área centroamericana que permitan orientar el desarrollo integrado del área de acuerdo con las características de sus recursos. En el campo agroenergético, un estudio de esta naturaleza permitiría establecer zonas de posible especialización en lo que respecta a presencia y posibilidad de cultivo de determinadas fuentes energéticas, definiendo así una diversificación ordenada de las fuentes existentes.

De acuerdo con registros de los países de América Central* aparentemente las áreas de producción de los 3 principales cultivos alimenticios, frijol, maíz y arroz se encuentran bien definidos en respecto a la caña de azúcar, de modo que a primera vista se podría asumir la no competición de dichos cultivos, en términos de área de cultivo.

Más aún, en los casos de maíz y frijol, las áreas cosechadas en la mayoría de los países supera ampliamente a la extensión cosechada de caña de azúcar, ocurriendo lo inverso si comparamos la caña con arroz, excepto el caso de Costa Rica, donde el área arrocera es casi 4 veces mayor a la de caña de azúcar.

Desde el punto de vista agronómico, los requisitos ecológicos de los cuatro cultivos indicados (caña de azúcar, frijol, maíz y arroz), además del sorgo, son bastante similares, con ligera excepción en el caso del sorgo cuyo habitat se sitúa a altitudes entre los 0 y 600 m.s.n.m. y sus requisitos de precipitación son también inferiores, con un grado de adaptación bastante amplio en regiones de baja precipitación (semi-áridas).

Teóricamente, la expansión de áreas para cultivo de caña de azúcar afectaría en mayor grado al frijol, maíz y arroz.

Sin embargo, experiencias en Costa Rica demuestran la factibilidad de asociar la caña de azúcar con frijol o maíz, haciendo la siembra de estos últimos en los entresurcos de caña luego del corte de ésta. En este sistema asociado se aprovecha las características del frijol y del maíz, cuyos ciclos vegetativos relativamente cortos (120 y 150 días aprox.) no interfieren con el de la caña. Experiencias similares en el Norte-fluminense, en Brasil (Usina Outeiro), confirman la posibilidad de este sistema.

---

* SIECA, 1976

Esta misma posibilidad, de generar sistemas mixtos de cultivos energéticos y alimenticios ocurre con la yuca, que puede ser cultivada en asociación con frijol o cowpea o maíz y arroz de secano, con la ventaja de que pueden obtenerse hasta dos cosechas de frijol o cowpea durante el ciclo vegetativo de la yuca (10-12 meses). En el caso del cultivo de yuca, prácticamente no compite con la caña de azúcar en lo que respecta a áreas de cultivo, ya que sus requisitos ecológicos son diferentes; además, es perfectamente conocido el hecho de que la yuca se adapta mejor a suelos de baja fertilidad, no adecuados para caña de azúcar.

Referente a competencia de especies energéticas de origen forestal i.e. eucaliptus, es posible que sea en menor grado si acaso se considera el hecho de que las especies forestales ocupan áreas no "agrícolas", aunque no se descarta la posibilidad de diseñar sistemas de producción agroforestal que incluyan especies energéticas forestales y especies agrícolas alimenticias, o energéticas. Esta misma posibilidad es positiva en el caso de considerar especies productoras de aceites vegetales, a pesar de que en este caso aún queda mucho por investigar desde el punto de vista de producción a nivel de campo.

En el caso de Costa Rica, el plan de producción de caña de azúcar para alcohol (caña-alcohol) preparado por la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables SEPSA, considera la plantación de 10 mil hectáreas en áreas "no tradicionales" para satisfacer la sustitución en un 20%, del consumo de gasolina por alcohol, en un plan hasta el año 1985. El consumo de gasolina en el presente año se estima en aproximadamente 222.6 millones de litros.

En estimaciones hechas en la condición de un país pequeño como Puerto Rico, la utilización completa de su tierra mecanizable, aproximadamente 109.000 hectáreas, en producción de caña-alcohol, produciría lo suficiente para suplir aproximadamente dos terceras partes de su requisito total energético; en tales condiciones, la importación total de sus alimentos resultaría menos costosa que la importación de energía.

PERSPECTIVAS DE LOS PRINCIPALES AGROENERGETICOS

1. Alcohol de Caña de Azúcar

La literatura registra el uso de alcohol combustible en el mundo desde 1907, 1926 y 1936. En Brasil, esos registros con relación al alcohol de caña indican las primeras pruebas en 1920; la primera ley, determinando la mezcla a la gasolina en 5%, cuando el producto estuviera

disponible, es de 1931. A partir de 1977, esos porcentuales han sido ampliados del 10 para el 15% y actualmente están fijados en hasta el 20%.

En el caso brasileño se ha considerado más fácil iniciar la producción masiva de alcohol a partir de la industria azucarera de caña de azúcar, cuya planta industrial ya estaba montada y la tecnología se encontraba dominada. Además, por tratarse de combustible líquido fácilmente mezclable a otros combustibles.

Hay indicios de que son eminentes los avances tecnológicos en el área agrícola y en el proceso industrial de este producto. En el área agrícola mencionamos los avances ya obtenidos en proyectos demostrativos de tecnología de caña irrigada en el Norte-fluminense del Estado de Río de Janeiro, que cuentan con la cooperación de COOPERPLAN, cooperativa formada predominantemente por pequeños y medianos productores, proyectos que son desarrollados por el Ministerio del Interior de Brasil y el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, donde ha sido posible elevar la productividad promedio de 50 para 150 t/ha en áreas demostrativas, con bajo costo de inversión.

La perspectiva que presenta para la región indicada la expansión masiva de esa tecnología se sitúa en: la posibilidad de eliminar la capacidad ociosa actual de la industria azucarera y alcoholera; la perspectiva de integración de los pequeños productores (80% del total) en la producción de alcohol; el aumento de la oferta de alimentos y, como consecuencia, la posibilidad de estructurarse un sistema alcoholero y de alimentos, integrado por pequeños, medianos y grandes módulos compatibilizados de producción y distribución.

En el área del proceso tecnológico industrial, se identifican importantes trabajos en desarrollo en la Universidad de Sao Paulo, bajo el liderazgo de la Facultad de Ingeniería de São Carlos, los trabajos referentes al sistema Scientia-Phidias y el Trabajo de la EMBRAPA, todos orientados principalmente a extracción del caldo, eliminando los molinos que absorven entre el 30 y el 40% de la inversión en el proceso convencional.

En el contexto latinoamericano, se registran los trabajos que se están desarrollando en el ICAITI de Guatemala, dirigidos en el mismo sentido.

Se estima que de este esfuerzo serán logrados resultados significativos para reducir costos y ampliar las posibilidades de uso alternativo de escalas y materias primas.

A nivel latinoamericano, la casi totalidad de los países son productores de caña, con rendimientos que varían de 50 a 90 t/ha.

En el Cono Sur, Brasil es el mayor productor, habiendo condiciones climáticas favorables en Paraguay y en algunas áreas de Argentina. Chile y Uruguay no cuentan con tradición como productores de caña.

Esa tradición de países productores de caña y azúcar facultará aquellos que desearen iniciar la substitución de gasolina por alcohol.

Las posibilidades económicas y sociales de cada país determinarán esquemas operacionales que no afecten el abastecimiento interno y de participación en las exportaciones de azúcar.

2. Sorgo Azucarado

Ya utilizado en la Segunda Guerra Mundial, el sorgo azucarado constituye otra alternativa para la producción de etanol. El proceso de transformación industrial en alcohol es idéntico al de caña de azúcar.

En Brasil, EMBRAPA ha venido desarrollando investigaciones y ensayos, coordinados por el Centro de Investigaciones de Maíz y Sorgo en Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais. Dichos ensayos indican amplia adaptabilidad a las condiciones climáticas y de suelos de distintas regiones del país.

La productividad ha sido alrededor de 35 t/ha de tallo deshojado para un ciclo vegetativo anual de 120 días. En algunos sitios se han obtenido productividades de hasta 68 t/ha. El tenor de BRIX para tallos cosechados entre 95 a 150 días, ha variado entre el 14 y el 20%, con azúcares reductores totales entre el 12 y el 15%. Esas características permiten producir entre 65 a 70 litros por tonelada de tallo. Además del uso en etanol, resulta una producción entre 2 a 3 toneladas de granos secos, con posibilidad de uso alternativo para producir hasta 380 litros por tonelada de grano seco o usar para alimentación animal.

El sorgo azucarado abre nuevas perspectivas para la producción de alcohol, sea en forma individual o en combinación con caña.

Estas características garantizan condiciones favorables para la producción de alcohol de sorgo en razón de:

- garantizar la total utilización del equipo industrial;
- complementarse principalmente con la caña para ampliar la utilización de las usinas de caña para el alcohol;

- favorecer la localización de unidades procesadoras en regiones que no son productoras tradicionales de caña;
- combinar facilmente la producción energética con la producción de alimentos, en sistemas de rotación y consorciación.

3. Alcohol de Mandioca

La mandioca, originaria de la región de los trópicos, es cultivada en la mayoría de los países latinoamericanos. Sus rendimientos actuales son variados y predominantemente bajos.

Sin embargo, estudios realizados en Venezuela (6) indican que este cultivo se somete a una amplia variación de temperatura (15 a 29ºC), que sus exigencias hídricas son relativamente bajas, que su potencial de adaptación en regiones de mayor precipitación pluviométrica (500 - 2.000 mm) es alto y que necesita aparentemente una estación seca. Estas características garantizan al cultivo adaptabilidad en grandes fajas de regiones tropicales y subtropicales. En síntesis, el cultivo tiene condiciones de adaptabilidad en la casi totalidad de América Latina y el Caribe.

Las características del proceso industrial, adaptado en Brasil, con condiciones de procesar otras materias agrícolas amiláceas, sumadas a las características de adaptabilidad ecológica de la mandioca y otros tubérculos y raíces, abre una gran perspectiva para los sistemas productivos latinoamericanos y del Caribe.

En primer lugar, porque es producto tradicional de áreas de pequeños productores, los cuales se podrán beneficiar por:

- valorizar un producto tradicionalmente poco comercializado;
- aprovechar otros productos excedentes que no puedan ser comercializados o consumidos por ser perecederos; ej.: camote, maíz, etc.
- integrar la agroindustria energética al medio de los pequeños y medianos productores y sus organizaciones.

En segundo lugar, porque están dadas las condiciones para pruebas y demostraciones de las posibilidades de uso de otros amiláceos, especialmente raíces y tubérculos existentes en abundancia en América Latina, y con buen potencial energético para la producción de alcohol.

4. Alcohol de Otras Raíces y Tubérculos

a) Camote

Como la mandioca, es cultivo de producción generalizada en el Hemisferio.

Es planta de ciclo vegetativo entre 90 y 120 días.

En Brasil, la productividad promedio es de 15t/ha. Investigaciones de EMBRAPA indican que algunas variedades producen hasta 25t/ha, con ciclos de 90 y 120 días. La transformación en alcohol alcanza alrededor de 160 litros/t de raíces frescas, cuando la materia prima presenta tenor de almidón entre el 22 y el 24% y un tenor de azúcares totales del 5 al 6%.

Dichas investigaciones están dirigidas también al estudio de consociación de camote y mandioca, con fines de uso racional de producción de amiláceos energéticos. Igual que la mandioca, este producto se desarrolla predominantemente en pequeñas propiedades.

Dentro de la óptica de la adaptación ecológica, la literatura (6) indica que es un producto originario de la América del Sur. Es cultivo que se desarrolla todo el año, en perfectas condiciones en las regiones tropicales bajas húmedas y calientes, así como en la estación de verano libre de heladas, en regiones subtropicales.

En las regiones tropicales es producida tanto a nivel del mar como en altitudes de hasta 2.500 m, como en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia.

Otro aspecto ecológico indicado por Montaldo (6) sobre las investigaciones realizadas, se refiere a la observación de que a la temperatura del aire y del suelo de 15º, la transferencia y acumulación de carbohidratos de las hojas hacia la raíz, aumentó al máximo.

Como se puede observar, el camote es cultivo de amplias posibilidades en América Latina como producto energético, igual que la mandioca y otras raíces.

b) Alcohol de Remolacha Azucarera

Se presenta como una opción potencial, especialmente para los países del cono sur americano. Es producido en Chile y Uruguay como insumo en la producción de azúcar.

En Francia, la productividad agrícola es de 34 a 48 t/ha, produciendo un promedio de 95 litros de etanol por tonelada de raíces. El ciclo vegetativo es de cerca de 130 días. En Estados Unidos la productividad alcanza hasta 68 t/ha.

Además de las especies indicadas, existe un elenco de variedades de otras raíces para alimentación en la región del Caribe y algunas en América Central, cuya constitución amilácea las hace potencialmente utilizables para producción de alcohol, a través de procesos ya conocidos y aplicados para mandioca y camote. Entre esas raíces se señalan los "inhames" (Dioscorea spp); el taro o malanga (Colocasia esculenta) y la yautía (Xanthosoma spp).

5. Alcohol de Residuos Agrícolas

Dependiendo de la dimensión de las áreas de concentración de ciertos productos, sus residuos dejados en el campo o acumulados en los locales de procesamiento pueden representar importantes volúmenes para la producción de etanol. En Brasil, el potencial de transformación en etanol de los residuos de productos como arroz, maíz, "babaçu" soya y caña de azúcar es el 3.15 billones anuales de litros.

Para estimar el potencial de transformación de esos residuos en etanol por el proceso de hidrólisis ácida, se puede tomar como base el promedio de 150 litros de etanol por tonelada de residuo agrícola.

La viabilidad económica de aprovechamiento de esos residuos debe ser analizada antes de una opción como fuente de producción de alcohol a la luz de una comparación con otras fuentes más conocidas.

6. Aceites Vegetales

En el conjunto de posibilidades de substitución de combustibles, la substitución del diesel se presenta más lenta.

Como alternativas no excluyentes se señalan las posibilidades del alcohol adicionado y de los aceites vegetales.

Desde el punto de vista de la tecnología de motores, los aceites vegetales no presentan mayores restricciones. En relación al aceite vegetal, hay que considerar pequeñas adaptaciones relativas al sistema de refinamiento convencional.

El gran factor limitante para el uso intensivo de aceites vegetales en los motores diesel se refiere a la cuestión del precio de mercado de dichos aceites como comestibles. Es el caso del aceite de soya, maíz, maná, algodón y otros. Son aceites que fácilmente alcanzan el precio de U$S 500,00 por tonelada, a nivel de mercado internacional. El aceite diesel actualmente cuesta U$S 380,00 por tonelada.

Sin embargo, existen aceites vegetales con potencial de producción en aceite del 50%, relativamente al peso de la materia prima, que se presentan promisores; tales son los aceites de colza y girasol; su viabilidad dependerá del costo de oportunidad para uso como combustible, con relación a otros usos.

Otro aceite vegetal que presenta buenas perspectivas es el de la palma africana (dendé). Aunque utilizable a mediano plazo, el aceite de palma africana (cultivo permanente, que llega a plena producción a los siete años) constituye una opción interesante como substituto del diesel.

Además de estos aceites originados de plantas cuyas características botánicas son conocidas, existen indicaciones de otras plantas que despiertan interés, pero que exigirían un proceso de adaptación ambiental y mayor investigación. Entre otras, algunas Euphorbiáceas, cuyo latex representaría fuente potencial de combustible, especialmente considerando su ambientación a regiones de difícil ecología.

Además, hay otras plantas poco conocidas cuyo potencial se presenta promisor, pero que también demandan mayor esfuerzo de investigación y demonstración como la "jojoba" (Sinrinsia chinesis) y la Copaifera langsdorfis, ambas productoras de aceite vegetal.

7. Combustible de Madera

La madera aparece como una fuente promisora de substitución de combustible, especialmente el alcohol.

La posibilidad de producir 250 kg de carbón a partir de 1 tonelada de madera, con poder calorífico de 7.000 Kcal/kg, con bajo costo de inversión industrial, coloca el aprovechamiento casi directo (carbón) como opción atractiva en relación a otros aprovechamientos más complejos. Bajo esta hipótesis, la madera entra como gran substituto del aceite combustible.

Sin embargo, la opción de procesar la madera para producir alcohol dependerá de la definición de la prioridad relativa sobre qué combustible substituir, del costo de oportunidad y del tipo de madera usada como materia prima.

La producción de etanol a partir de la madera se presenta como interesante opción de diversificación de materias primas, a través de hidrólisis ácida o enzimática. Por ese proceso, la ruptura de la cadena de celulosa produce glicose que fermentada y destilada produce etanol.

En este proceso se estima que de una tonelada de eucalipto se puede obtener 170 litros de etanol, 129 kg. de coque de lignina y 56 kg de ración animal (SCP) - proteínas de uni-celulares.

Para tener una idea de magnitud, con 5,5 millones de hectáreas sería posible duplicar la meta de 10,7 billones de litros del PROALCOOL (Programa Nacional de Alcohol) de Brasil.

La relación entre el valor de la producción de carbón obtenido por la combustión directa de madera y el valor de la producción del etanol, sumado al valor de la lignina y de las proteínas obtenidas por el proceso de hidrólisis es de aproximadamente 1 para 3,6 cruzeiros.

Por otro lado, la necesidad de substituir diesel y otras materias primas originadas del petróleo para la industria química podrá tener como opción la producción del metanol a partir de la gaseificación de la madera.

La gran ventaja que ofrece la producción de alcohol de madera se refiere a la posibilidad de aprovechamiento de áreas agrícolas con aptitud agrícola marginal, asociada a la posibilidad de una distribución espacial amplia.

DIVERSIFICACION DE FUENTES AGROENERGETICAS

1. Un Requisito de Coherencia

La dependencia de una única fuente de producción para la substitución de gasolina, particularmente cuando esa materia prima constituye insumo de importante producto de exportación y de abastecimiento interno, puede introducir inconsistencias en relación a la armonía del desarrollo, en función de los siguientes aspectos:

- Someter el sistema de abastecimiento de combustibles a riesgos derivados de la inestabilidad del mercado externo de azúcar.
- Agravar los desequilibrios provenientes de la distribución interregional e intrasectorial de los ingresos, eliminando regiones y estratos significativos de productores rurales del mercado de agroenergéticos.
- Onerar el combustible con costos de transporte innecesarios.

El mismo raciocinio se aplica a los demás combustibles de origen agrícola.

Por este motivo, es fundamental que en la selección de alternativas de fuentes para la producción destinadas a la substitución de derivados de petróleo, sean considerados los siguientes objetivos múltiples:

- Autosuficiencia regional en lo que respecta al abastecimiento de combustibles.
- Participación de distintos estratos de productores rurales en la producción destinada al mercado de combustibles.
- Adecuación de escalas de producción agrícola e industrial a las condiciones de la estructura regional de tenencia de la tierra.
- Producción de alcohol y de biogas para el propio sector agrícola.

2. Requisitos para que sean cumplidos estos Objetivos

La viabilidad de la incorporación de pequeños y medianos productores al esfuerzo de producción energética puede darse mediante las siguientes condiciones:

- Incorporación, en los programas agroenergéticos nacionales, de las materias primas energéticas tales como la mandioca y otras raíces y tubérculos, que constituyen la cultura y la tradición de cultivo del estrato de pequeños y medianos productores.
- Promoción de la organización de pequeños y medianos productores, para que puedan dirigir su participación en forma asociativa en el mercado de combustibles de origen agrícola.
- La abertura de los programas nacionales de producción de alcohol con base en materias primas como la caña de azúcar, a las cooperativas de pequeños y medianos productores de este producto.

La adecuación de las escalas de producción agrícola e industrial a las condiciones propias de la estructura de tenencia de la tierra comprende dos aspectos: el primero se refiere a la tecnología apropiada en el sector agrícola y el segundo a la escala industrial.

La tecnología apropiada se relaciona a la adecuación del perfil tecnológico de los sistemas de producción agrícola a las disponibilidades regionales y locales de mano de obra.

La cuestión de la escala industrial para las regiones de pequeña y mediana producción tiene que ver con el problema de superdimensionamiento de las industrias, que podrán eliminar la posibilidad de que los pequeños y medianos productores de materias primas entren en el proceso industrial a través de sus organizaciones, sin generar capacidad ociosa.

Finalmente, asume relevancia el hecho de que pequeños y medianos productores tengan facilidades efectivas de producción de su propio combustible y pequeños excedentes a través de micro-unidades productoras de alcohol y de otros combustibles.

Estas consideraciones nos conducen a la necesidad de refleccionar sobre los criterios de selección de alternativas:

a. Deseamos producir combustibles solamente para substitución de los derivados del petróleo?

b. O queremos que la solución de la substitución del combustible, sin herir los principios económicos, tenga un más amplio alcance social y ayude a minimizar las distorciones que el modelo tecnológico producido por el petróleo barato ayudó a consolidar expresadas en los desniveles de los ingresos y la reducida oportunidad de empleo de la mano de obra en el sector rural?

c. Utilizaremos solamente un criterio financiero para cuantificar los beneficios y costos o pretendemos ponderar beneficios y costos sociales?

Estos son algunos interrogantes por los cuales el IICA tiene gran sensibilidad y el ánimo de ayudar a resolver.

ALGUNOS PRINCIPIOS GENERALES DESTINADOS A LOS MODELOS AGROENERGETICOS EN LATINO AMERICA

La oferta estable de energía debe ser la meta del futuro. Por lo tanto, debe representar una decisión no solamente económica sino también política. A la luz de la experiencia vivida, en la base del modelo de los próximos años estarían presentes algunos principios que deseamos, a continuación, destacar:

1. Las fuentes energéticas deberán ser diversificadas y en ese contexto, la agroenergía tendrá un papel a desempeñar.

2. La política agroenergética deberá integrar la política energética pero no substituirla.

3. La política agroenergética debe tomar en cuenta el contexto nacional, regional y local, buscando la complementación que resulte más benéfica.

4. La diversificación agroenergética debe ser considerada en el ámbito de la complementación ecológica entre los agroenergéticos y entre éstos y los alimentos.

5. La complementación económica debe basarse en la zonificación ecológica para que se obtenga una real complementación energética y alimentar.

6. La estrategia agroenergética debe distinguir, claramente, los horizontes temporales: largo, mediano y corto plazo - y trazar estrategias acordes.

7. La opción agroenergética debe conciliar el bienestar individual y colectivo, a corto y mediano plazo, y asegurarlo en el largo plazo.

8. El alcance del papel a cumplir por el sector privado deberá ser definido y sus relaciones con el Gobierno aclaradas y regularizadas, asegurando el fortalecimiento contínuo de tales relaciones.

9. El sistema institucional público y privado deberá tener conciencia del caracter intra e intersectorial del problema agroenergético, buscando la coordinación de esfuerzos.

10. La investigación debe buscar la adaptación y el perfeccionamiento de los sistemas de producción de materias primas y de transformación agroindustrial.

11. La investigación de naturaleza local y carácter económico y político debe buscar la substitución de insumos y procesos importados.

12. Los niveles de precios de los agroenergéticos deben ser fijados guardando relación con los precios de su uso alternativo y con los precios de los hidrocarburos o de los derivados substituídos por ellos.

13. El proceso de distribución de los agroenergéticos líquidos de tipo alcohólico deberá ser regularizado de manera de garantizar el control de calidad, la distribución eficiente del producto y la reglamentación de la participación de los sectores públicos y privados.

14. El programa debe buscar el equilibrio entre las diferentes fuentes a fin de disminuir los efectos de una crisis en cualquier componente.

15. El papel de la opción agroenergética debe ser considerado no sólo bajo el aspecto de la substitución de combustibles, sino también bajo el de la substitución de grasas, lubricantes e insumos petroquímicos de origen agrícola.

Como consecuencia de dichas consideraciones, se puede decir que:

a) Los problemas derivados del contexto en que el presente modelo energético continental actúa pueden ser reducidos mediante la contribución del sector rural a través de su potencial agroenergético.

b) Esa contribución será efectiva siempre que se entienda que ella es producto de un contexto en que la agroenergía es considerada como una de las opciones y no como la opción exclusiva, además de ser altamente prioritaria y capaz de producir efectos.

Con base en estos principios, el IICA intenta apoyar a los países miembros en la búsqueda de soluciones para los problemas antes señalados, mediante el desarrollo de programas agroenergéticos de ámbito nacional, que incluyan el diagnóstico, la investigación tecnológica, la capacitación de recursos humanos y demostraciones y ejecución de proyectos agroenergéticos.

El Programa prevé actividades de ámbito hemisférico, utilizando la experiencia brasileña, en la forma y circunstancias en que sean pertinentes a las características del Continente.

La agricultura podrá, de ese modo, teniendo dentro de sí el componente de desarrollo agrícola y el bienestar del habitante del medio rural, contribuir positivamente una vez más, para el desarrollo de nuestros países.

Bibliografía consultada

BALLORI, E.L. Questions for Puerto Rico. In Proceedings of the First Inter-American Conference on Renewable Sources of Energy. New Orleans, La. Nov. 25-29. 1979.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. COMISSAO NACIONAL DE ENERGIA. Grupo 4. Biomassa matérias-primas. Brasília, 1979. 128 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO. SECRETARIA DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL. Álcool de Mandioca, 10.000 l/dia (hidratado). Projeto referencia. Brasília, 1980. 75 p.

BRASIL. SECRETARIA DA AGRICULTURA, COMÉRCIO E TRABALHO DE MINAS GERAIS. SERVIÇO DE INDÚSTRIA. Álcool de Mandioca. In Manual de Mandioca. Belo Horizonte, 1942. p. 245-248.

COSTA RICA. SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACION SECTORIAL AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Programa de mejoramiento de la producción e industrialización de la caña de azúcar. San José, Costa Rica. Doc. -SEPSA-44, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. Sorgo sacarino para a produção de álcool. Sete Lagoas, 1979. 13p.

GARCIA, RICARDO & ROLZ, CARLOS. Desarrollo de tecnología para producir etanol para carburante a partir directamente de la caña de azúcar. 1. Evaluación de la tecnología tradicional. Guatemala, ICAITI, 1978.

LIMA, LEO DA ROCHA. A mandioca como alternativa de generação de energia calourante. Depoimento prestado perante a Comissão de Minas e Energia da Camara dos Deputados. Simpósio Nacional sobre Fontes Convencionais e Alternativas de Energia. Brasília, 1979. 13 p.

MELO, F.B.H. DE Y PELIN, R.E. A crise energética e o setor agrícola no Brasil. In XVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. Rio de Janeiro, Julho 28-Agosto 1º, 1980.

MONTALVO, ALVARO. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Lima, IICA, 1972. 284 p.

PERRONE, J.C. A hidrólise ácida no aproveitamento de recursos renováveis. Trabalho apresentado no I Seminário sobre Energia de Biomassas no Nordeste. Fortaleza, 13 a 15 de agosto de 1973. 23 p.

SAMUELS, G. The Caribbean energy crisis: sugarcane versus food crops.
Agricultural Research Associates, Winter Park, Florida, 1979.

SANGSTER, I. The potential of sugarcane derived alcohol as a fuel in Jamaica. In Proceedings of the First Inter-American Conference on Renewable Sources of Energy. New Orleans, La. Nov. 25-29, 1979.

STREET, J.H. Latin America's Future: The challenge to development of Agriculture and Energy. Rutgers University.

POLITICA ENERGETICA DEL URUGUAY *

Ing. Alfredo Behrens
Director Nacional de Energía

Consumo Actual de las Principales Fuentes de Energía

En el gráfico 1, se muestra la situación actual de las dos principales fuentes de energía. Se incluyó el gas natural - representado como una mancha amarilla-para que se tenga una idea de la influencia que éste ejercería, en el caso de cristalizar las negociaciones que se están realizando, en el panorama energético hasta el año 1990.

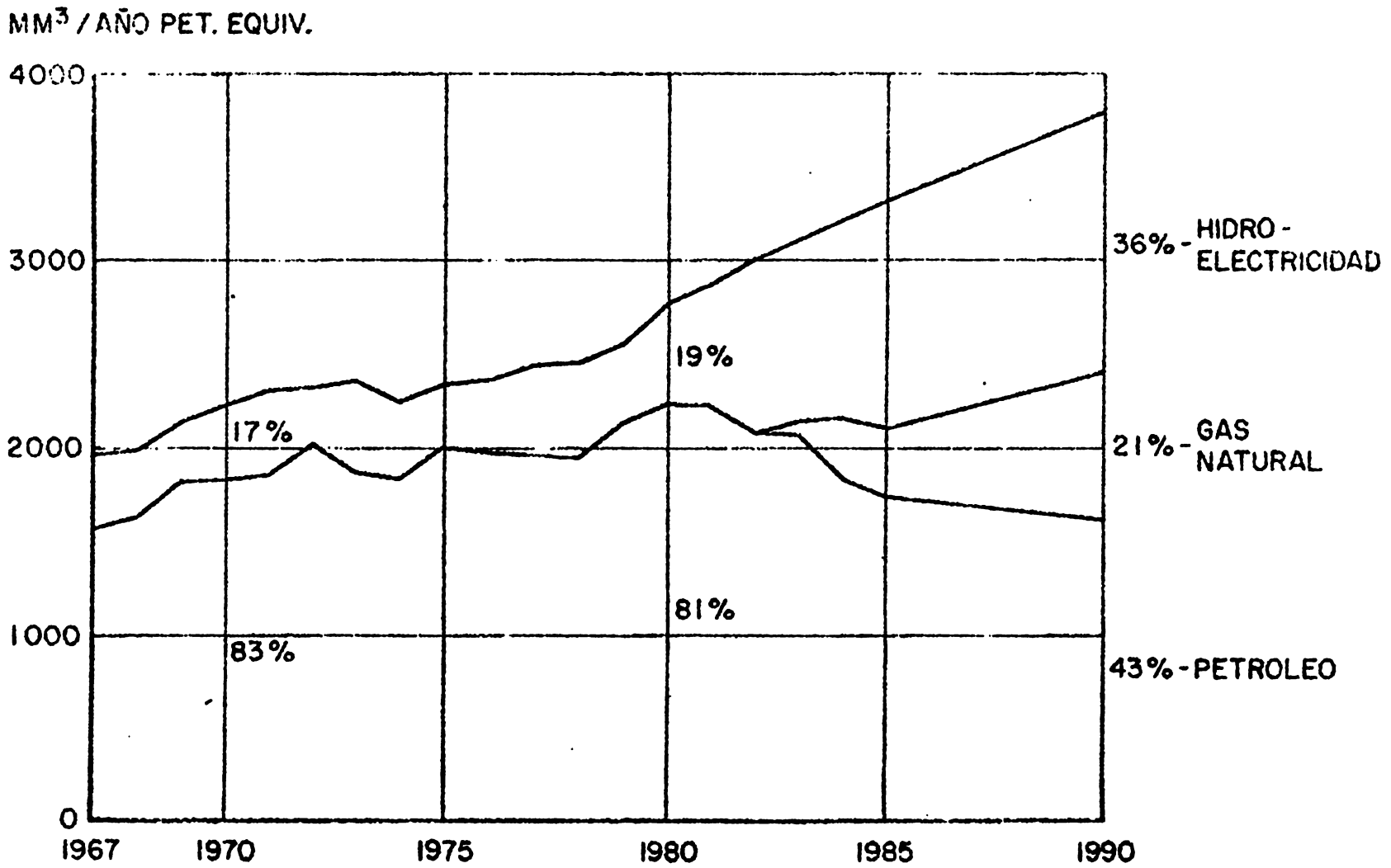
Sin tener en cuenta la energía proveniente de la leña - cuyo consumo anual se estima en 1 millón de toneladas - desde 1979 hasta principios de 1980 la participación del petróleo en el total de fuentes energéticas, corresponde al 81% y para 1990 - descartando la posibilidad de utilización del gas como posible sustituto - sería del orden del 64%.
En lo concerniente a energía eléctrica, el gráfico 2 indica la proyección realizada por UTE con respecto a la relación existente entre la generación térmica y la hidroeléctrica de los sistemas de Río Negro, Salto Grande y algunas represas menores. La disminución de consumo de energía termoeléctrica que se estimaba comenzaría en 1981, se adelantó a 1980; esto se debe no solo a la entrada en funcionamiento de Salto Grande (que ya estaba prevista) sino al régimen de lluvias e hidraulicidad que fue excepcionalmente bueno, permitiendo un trabajo a pleno del sistema y un abastecimiento de prácticamente el 75% de la energía eléctrica, de ese origen.

* Trabajo realizado sobre la base de otros presentados recientemente por el autor, en el Instituto Uruguayo de Estudios Geopolíticos, y en el Seminario patrocinado por Exxon Corporation, sobre perspectivas energéticas.

Gráfico I

SITUACION ENERGETICA DEL URUGUAY

DEMANDA ENERGETICA POR FUENTE

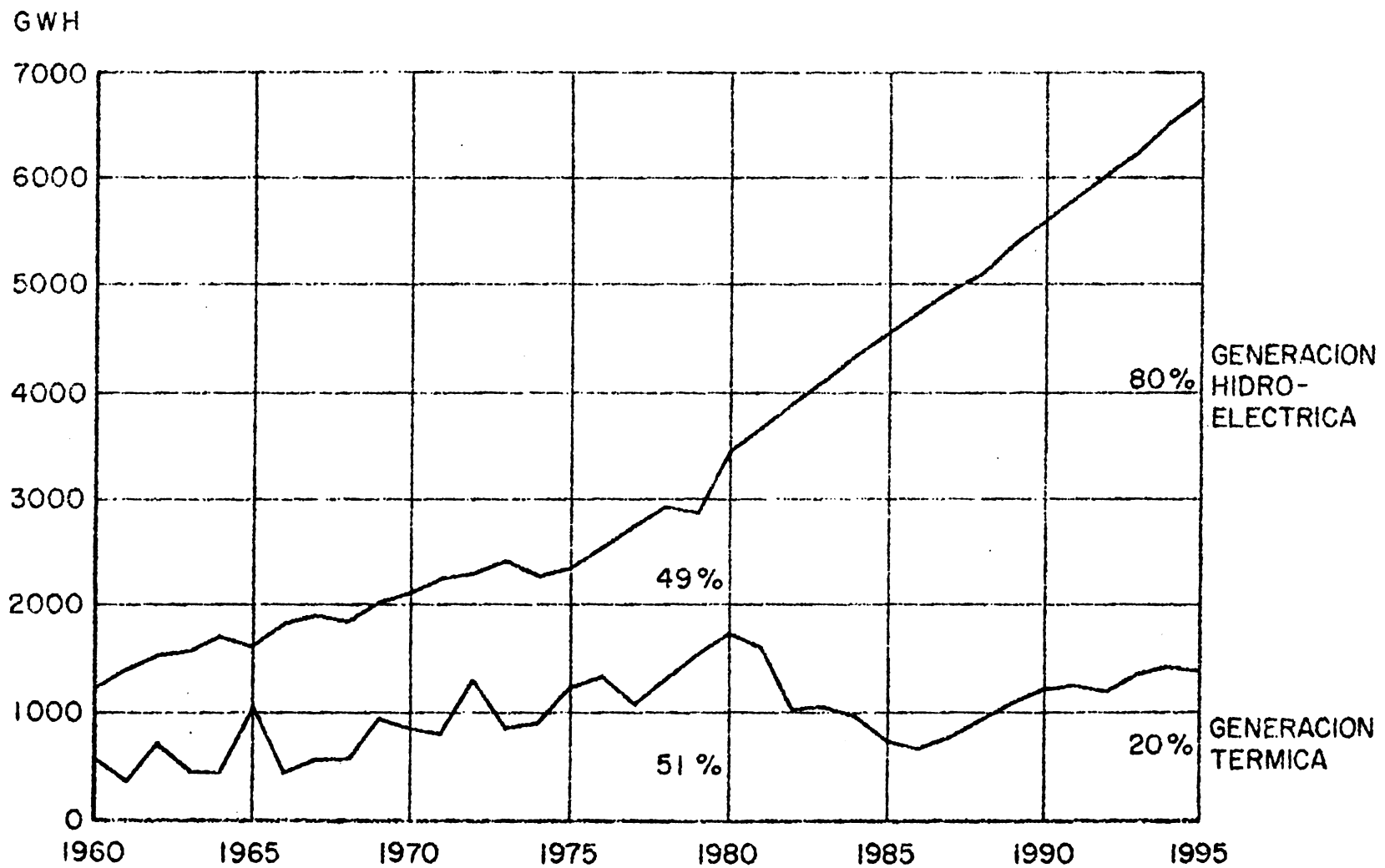


DICIEMBRE 1980

Gráfico II

SITUACION ENERGETICA DEL URUGUAY

GENERACION Y CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA



DICIEMBRE 1980

PROYECCIONES DEL CONSUMO Y GENERACION DE ENERGIA

Si el crecimiento de consumo de energía continuase con la tasa mundial actual del 2.5% por año durante la presente década, el mundo, fuera de las áreas comunistas requeriría para 1990 el equivalente a 125 millones de barriles por día de petróleo equivalente. Esto representa un incremento de 30 millones de barriles por día de petróleo equivalente, lo cual es más de lo que la OPEP exporta por día este año.

Suministros de esta envergadura no se pueden cumplir ni por una aceleración del desarrollo de la producción de gas y petróleo fuera de los países de la OPEP ni por el de otras fuentes alternativas. Menos aún podrían estas nuevas fuentes compensar las probables restricciones voluntarias o no de la producción, en los países de la OPEP.

Cualquier política energética debiera pues concentrarse en tres temas básicos.

1° La seguridad de suministros constantes desde tradicionales y nuevas fuentes de abastecimientos de gas, petróleo y carbón.

2° Un desarrollo continuado de todas las fuentes viables de energía.

3° La rápida implementación de medidas manejables para la conservación de la energía y el uso más racional (económica y técnicamente) de la energía disponible.

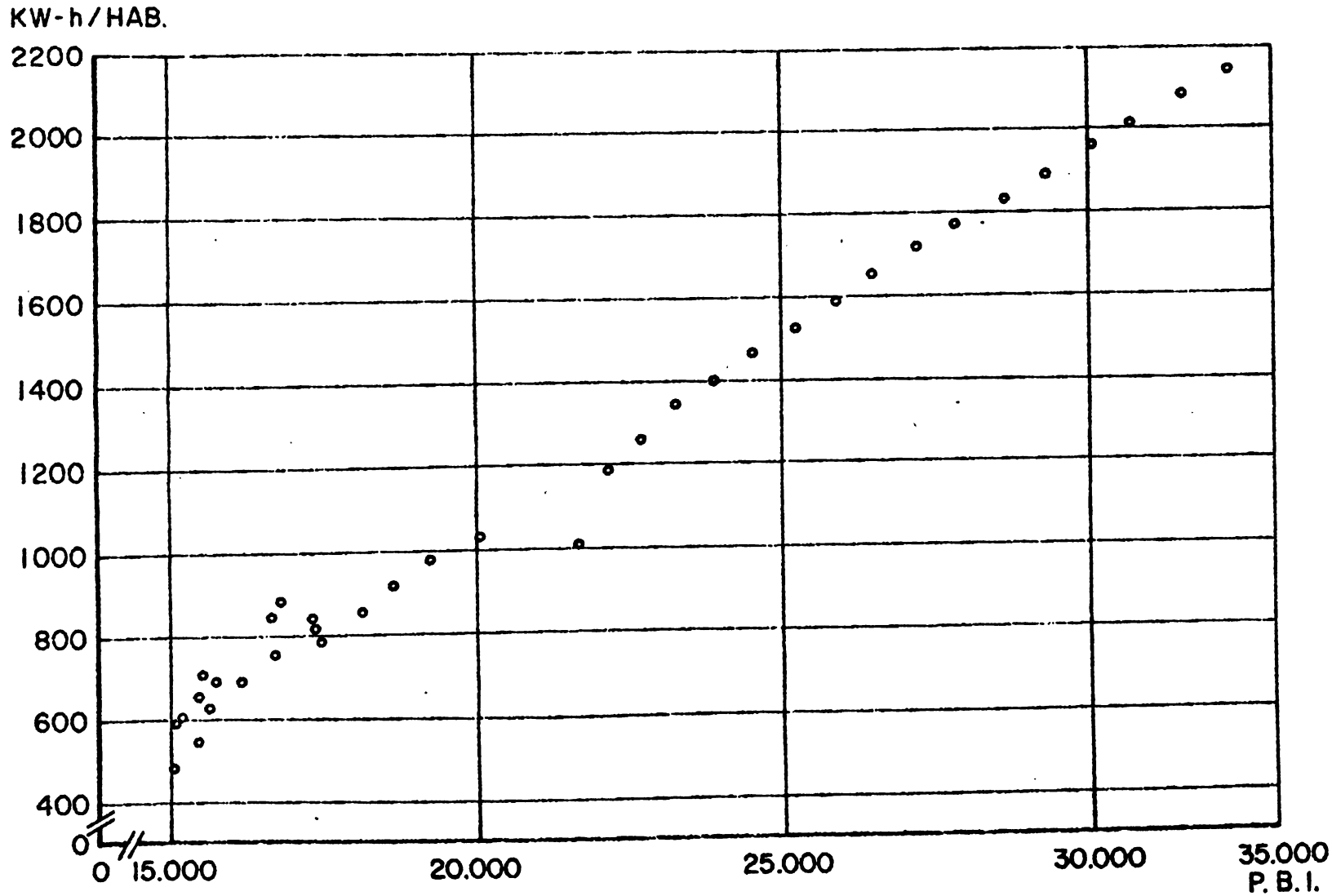
Para calcular las necesidades energéticas futuras del Uruguay, se hace necesario sustentar una hipótesis entre el consumo per cápita de energía y su relación con el crecimiento del PBI del país.

El cuadro 3 indica dicha relación para el caso del consumo de energía eléctrica.

Gráfico III

SITUACION ENERGETICA DEL URUGUAY

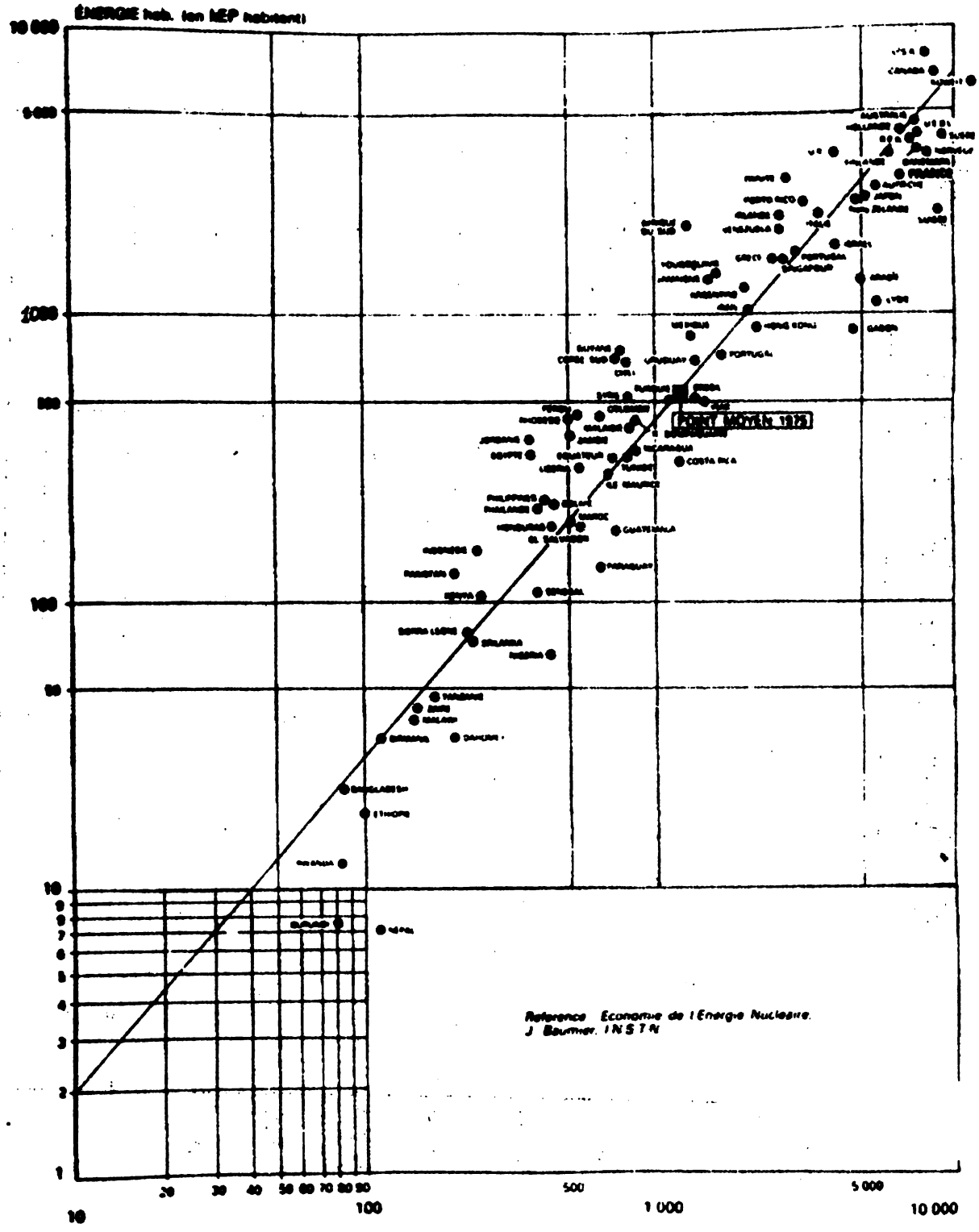
RELACION CONSUMO PER CAPITA - PBI



DICIEMBRE 1980

Gráfico IV

RELATION ENTRE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PAR HABITANT ET LE P.I.B. PAR HABITANT EN 1976



Para el caso más general del consumo energético nos podemos basar en la gráfica de J. Baumier del Instituto nuclear de Francia donde aparece Uruguay un poco por encima del punto medio general de la gráfica 4 que indica una relación entre el consumo de energía por habitante y el crecimiento del PBI por habitante del orden de 800 kEP Kgs. -- equivalente petróleo por cada U$S 2.000. No se puede obtener ni pretender valores más exactos pues como lo ha manifestado Adelman hace muy poco, existen fuertes razones que indican que el llamado "cociente incremental" está afectado por otras variables que pueden alterarlo drásticamente. Pero ello no quita el interés de ver que existe una marcada correlación entre ambos valores. Ello nos sirve para predecir las necesidades energéticas probables frente al resultado, en un plazo determinado, de ciertas tasas de crecimiento del PBI. El Uruguay ha crecido en los últimos años a tasas superiores al 5% anual; podemos suponer, además, que el consumo de energía se correlacionará con este valor del 5%, estimando así una elasticidad del crecimiento de la demanda de energía con respecto al crecimiento del PBI del orden de 1.0, tales cifras nos llevarían a un consumo 60% mayor que el actual en 1990, o sea, si toda la demanda agregada debiera satisfacerse con petróleo, las importaciones serían del orden de 3 1/4 millones de metros^3 de petróleo equivalente al año (cerca de 56.000 barriles por día) (suponiendo que la tasa de desarrollo sea tan solo 5%). En 1990 esto representaría 1.125 millones de dólares en términos de importaciones en 1990 a dólares constantes de 1980 y precios por barril de petróleo del orden de U$S55.-

(Suponiendo un incremento constante del 5% anual acumulativo de su precio en términos reales a partir de 1980). Si hubiéramos de contar con una inflación del dólar estadounidense del 10% anual solamente, esta cifra se elevaría en 1990 a U$S 2.914 millones aproximadamente. O sea, casi 4 veces más que las exportaciones totales de 1979.-

Las exportaciones totales en dólares corrientes:

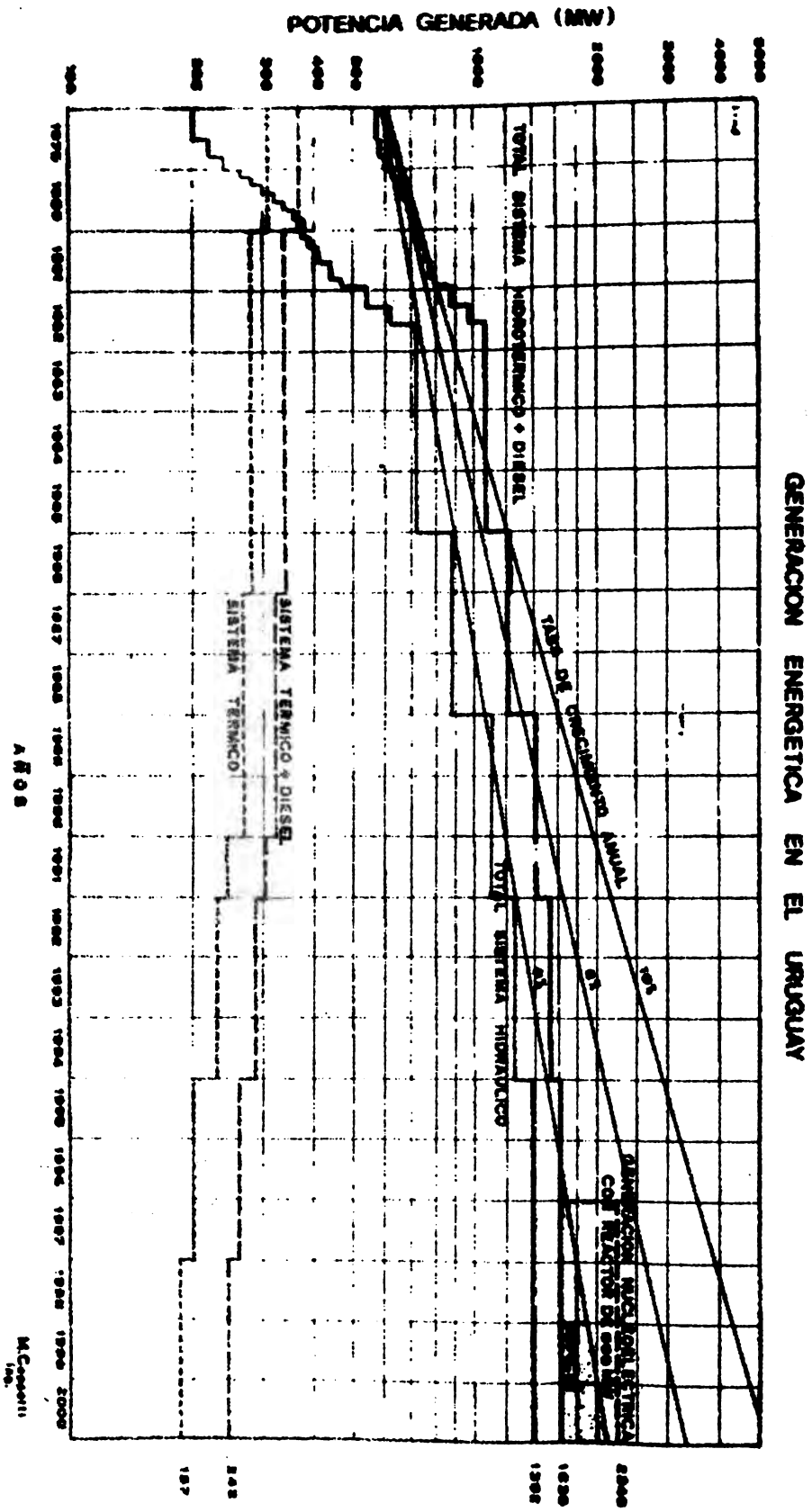
(1979 - U$S 787.239) (1980 - U$S 1.029.300)

Claro que nuestras exportaciones sufrirían también los correspondientes incrementos inflacionarios, pero es cuestionable, al menos, suponer que los productos nuestros tengan, en el mercado internacional, la misma demanda que el petróleo, por lo que es dable suponer que la capacidad de saldar la deuda generada por importaciones de petróleo con exportaciones, será crecientemente más difícil. Esto es cierto para todos los productos energéticos importados, ya que en general todos los energéticos guardarán una cierta relación con el precio del petróleo crudo. Unicamente podrá ocurrir un cierto retraso entre los aumentos de precios de algunos energéticos frente a otros.

En este aspecto, parecería que en la década que se inicia, es el petróleo el llamado a tener los mayores incrementos. El gas le seguirá, con el carbón en último término. El mineral de Uranio es una incógnita.

Vistas las restricciones apuntadas, debemos considerar que las proyecciones del consumo energético deberán basarse en la capacidad económica del Uruguay para saldar las deudas generadas con las importaciones de energéticos, al mismo tiempo que deberá tratarse por todos los medios,

Gráfico 5


GENERACION ENERGETICA EN EL URUGUAY
POTENCIA GENERADA (MW)
TOTAL SISTEMA HIDROTERMICO + DIESEL
TOTAL SISTEMA HIDRAULICO
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
SISTEMA TERMICO + DIESEL
SISTEMA TERMICO
AÑOS
M.Caporali Ing.

de incrementar la utilización de energéticos propios con la finalidad de achicar la deuda externa generada por tales importaciones.

La generación eléctrica, por el uso de energía hidráulica, única fuente de envergadura de la que hoy disponemos como propia, puede ser insuficiente antes de fines de siglo, si no se dispone de una política adecuada de energía que prolongue su utilización hacia las finalidades más aptas para la electricidad; como podrían ser por su orden, motores e iluminación.

En la gráfica N° 5, realizada por el Ing. Copetti en 1979, ya se indicaba que para 1980 puede existir un déficit mayor o menor de energía eléctrica en conjunto, obligándonos a definirnos por un tipo de energía sustitutiva. Allí se puede apreciar cuál es la influencia de la tasa de desarrollo que se elija; si continuamos una tasa de desarrollo del 8%, la carencia de energía eléctrica generada aparecería en 1989; si eligiéramos una tasa del 10%, en el segundo quinquenio de esta década tendríamos ya carencia de energía eléctrica generada. Debemos considerar que esto sería en condiciones de hidraulicidad medias normales.

Será necesario un cambio de mentalidad, para apreciar en su justo valor la contribución que pueden dar al potencial hidroeléctrico futuro, los pequeños saltos de agua que abundan en nuestra campaña, aún no explotados.

La tecnología moderna puede hacer posible su utilización creando de esta manera "islas" energéticas que eventualmente podrían ser interco-

nectadas con la red nacional.

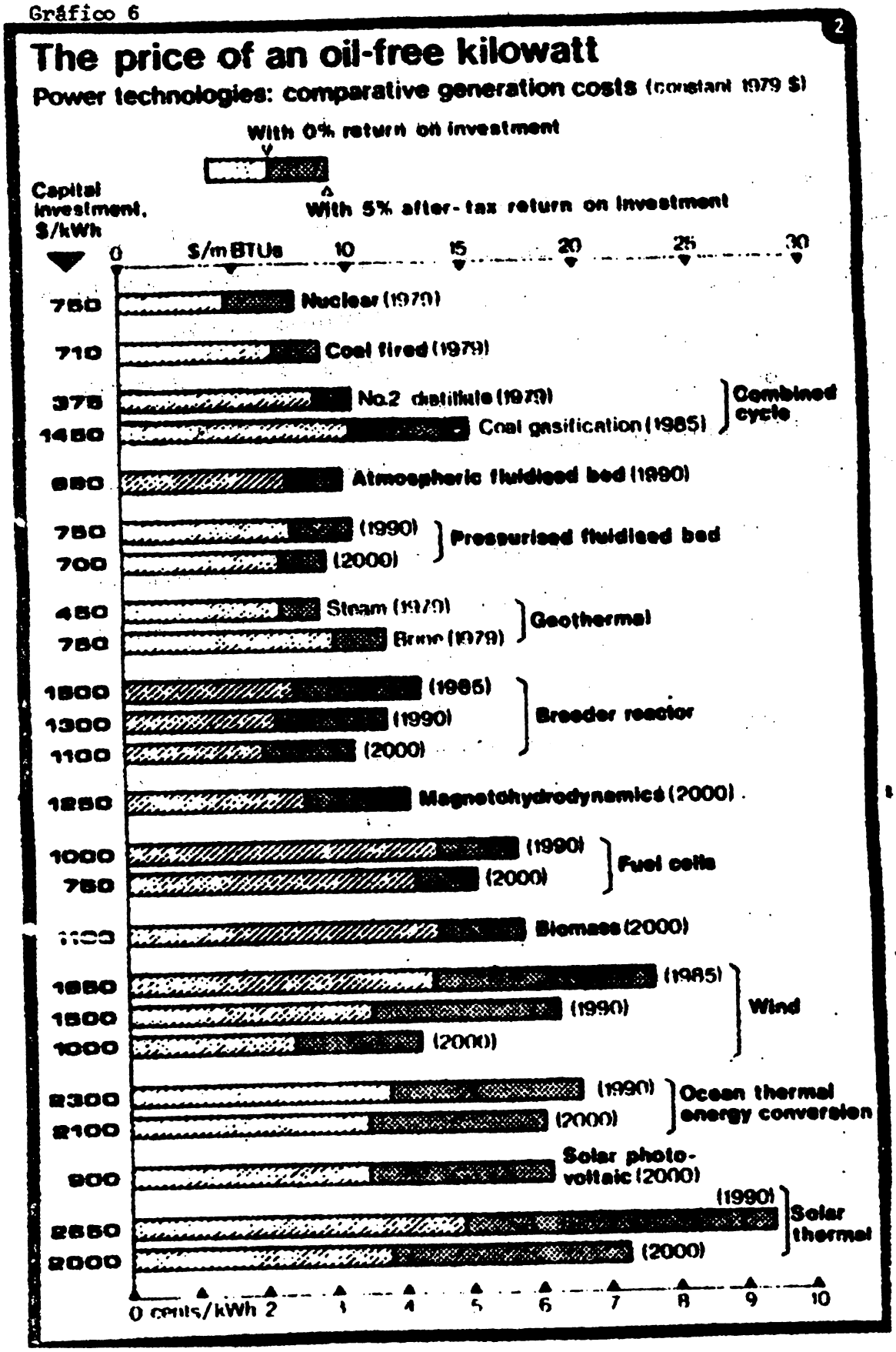
Para tener idea de las necesidades futuras basta con recordar que el Uruguay de hoy consume aproximadamente 700 Kgs. de petróleo equivalente por habitante (aproximadamente 1.000 Kgs. de equivalente carbón).

La tasa de natalidad, una de las más bajas del mundo, indica un valor de 1% a 1.2%, por lo que esa tasa de crecimiento de la disponibilidad de energéticos, sería la mínima compatible con el mantenimiento del actual nivel de vida.

Esta cifra, indicaría un crecimiento de la demanda de aproximadamente 10% para el año 1990, lo cual significaría una cuenta de importaciones de energéticos del orden U$S 775 millones a dólares constantes de 1980 (con el antedicho crecimiento real del 5% anual en el precio del petróleo).

Con una inflación del 10% en la moneda estadounidense, daría aproximadamente U$S 2.000 millones.

Gráfico 6


2
The price of an oil-free kilowatt
Power technologies: comparative generation costs (constant 1979 $)
With 0% return on investment
With 5% after-tax return on investment
Capital investment, $/kWh
$/mBTUs
0
10
15
20
25
30
750
Nuclear (1979)
710
Coal fired (1979)
375
No.2 distillate (1979)
1450
Coal gasification (1985)
Combined cycle
650
Atmospheric fluidized bed (1990)
750
(1990)
700
(2000)
Pressurized fluidized bed
450
Steam (1979)
750
Brine (1979)
Geothermal
1500
(1985)
1300
(1990)
1100
(2000)
Breeder reactor
1250
Magnetohydrodynamics (2000)
1000
(1990)
750
(2000)
Fuel cells
1100
Biomass (2000)
1850
(1985)
1500
(1990)
1000
(2000)
Wind
2300
(1990)
2100
(2000)
Ocean thermal energy conversion
900
Solar photo-voltaic (2000)
(1990)
2550
2000
(2000)
Solar thermal
0 cents/kWh
2
3
4
5
6
7
8
9
10

FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA IMPORTADA

El panorama energético de oferta continuará reduciéndose en los años venideros, por lo que parece altamente urgente la realización de acuerdos de largo plazo que permitan un suministro medianamente seguro de energéticos importados.

Entre aquellos que nos son más importantes pueden catalogarse en primer lugar, naturalmente, al petróleo, ya sea en forma de crudo, residual, o destilados.

Nuestra dependencia actual del petróleo es sin duda gravitante, tanto en el aspecto seguridad nacional como en el económico-comercial. Representa hoy más del 80% de los requerimientos energéticos comerciales del país.

Si incluyéramos una estimación para el consumo de leña del 25% del total de energía del petróleo e hidroeléctrica contabilizados, nos daría algos menos (65%).

Actualmente se pueden obtener abastecimientos de carbón de Australia, Nueva Zelandia, Polonia y E.E.U.U.

El gas natural cuyas reservas mundiales equivalen a las de hidrocarburos, plantea otros problemas. El gas natural podrá eventualmente obtenerse en forma licuada pero su precio será en el largo plazo mayor que el del petróleo, ya que la liquefacción y transporte es mucho más costoso. Puede estimarse que el precio del gas natural licuado oscila hoy en alrededor de los 6 dólares el millón de BTU, mientras que el petróleo alcanza hoy cifras similares por millón de BTU. Considerando que el costo del transporte de petróleo es tan sólo una fracción del que corresponde al transporte del gas natural licuado se comprende que sólo los grandes países consumidores e industria-

lizados alcanzarán poder pagar los precios reclamados por los productores del norte de Africa, del gas natural licuado.

Sin embargo, serán los países industrializados los más necesitados de combustibles hacia fines de la década presente si desean mantener su standard de vida actual, y el precio del gas continuará la tendencia de los derivados petroleros medios, en las zonas europeas.

El gas natural transportado por gasoducto se ofrece a menores precios que el licuado, no sólo por sus menores costos reales, sino también porque permite diversificar en algo los compradores. Es verdad que liga en cierta forma al comprador con el vendedor, pero el hecho es de ida y vuelta pues el vendedor queda a su vez ligado al comprador por períodos largos de tiempo, ya que los contratos respectivos sólo son viables en tales condiciones.

En la actualidad, recién están venciendo la mayor parte de los contratos de largo plazo concertados antes de las crisis de petróleo del 73, por lo que el panorama de precios está cambiando radicalmente, acercándose al precio del petróleo según los suministradores o al del fuel-oil equivalente según la mayoría de los compradores. Indudablemente el gas natural es un combustible limpio, no contaminante, de alto poder calorífico, pero aunque puede ser usado para la petroquímica que permitiría precios más altos, su particularidad de estar generalmente asociado al petróleo en los yacimientos, hace que deba usarse en las cercanías de éstos o al tener que transportarlo licuado o por gasoductos pague el precio por las restricciones impuestas por su transporte difícil y costoso. Lo cierto es que la mayor

parte del gas contratado a nivel mundial en la actualidad obtiene un precio equivalente al pagado por las calorías generadas por el fuel-oil (alrededor del 20% por debajo del precio del crudo equivalente,y aún menores.

Como derivado directo del gas natural, aparece:
El metanol que está llamado a tener creciente importancia en el comercio mundial pues al poder ser producido a partir de gas natural y poder ser transportado como un derivado liviano de petróleo, reúne las ventajas de un transporte ya tradicional y representa una forma de utilizar el gas excedente de los grandes yacimientos de petróleo. Su precio actual, aunque en aumento, alcanza 250 dólares la tonelada. Este precio representa valores cercanos a 200 dólares el m^3. Su poder calorífico, sin embargo, es mucho menor que el del petróleo.

La energía nuclear hoy utilizada en forma creciente por los países desarrollados, no ocupa en ellos sino una fracción relativamente menor del total. Unicamente Francia procura tener para 1990 un 30% de sus 242 millones de toneladas año de petróleo equivalente necesarias, generadas por energía nuclear, con un costo estimado de 35.000 millones de francos, o sea 434 millones de francos por cada millón de toneladas equivalente petróleo (aprox. 100 millones de dólares).

El Uranio enriquecido y, también el mineral de uranio, son los únicos energéticos que han bajado de precio este año, a la vera de connotaciones de seguridad emergentes del accidente de Three Mile Island.

Pasemos ahora a las energías ofrecidas de países limítrofes de tipo primario. Ya estamos utilizando la hidráulica de Salto Grande y quizás también se pueda utilizar la correspondiente al Dique Compensador de Salto

Grande y, tecnología mediante, las llamadas turbinas sumergidas en el lecho del Río Uruguay. Próximamente entrarán en operación Palmar, Yaguarón y alguna otra pequeña. Isla González está en proyecto.

La importación de gas natural representa la otra alternativa muy importante a tener en cuenta, dadas las características de este recurso, recién comentadas. Argentina en estos años puede tener reservas que alcanzan a casi cien años de su consumo al ritmo actual. Sus yacimientos son en general del tipo de gas asociado por lo cual para evitar el excedente o bien se suspende la extracción de petróleo o de lo contrario se debe reinyectar o ventear, cuando no se puede consumir en el país o exportar. La riqueza perdida en el caso del venteo aconseja procurar soluciones acordes al interés nacional, mediante negociaciones como las que en estos momentos se realizan con nuestro país y Brasil.

Existen asimismo posibilidades de importación de carbón de Río Turbio de Argentina y desde la frontera con Brasil, en Candiotta. En ambos casos el carbón no es de gran calidad, menos aún el de Candiotta cuyas características lo clasifican como subbituminoso con un alto tenor en cenizas (51%). Puede sin embargo obtenerse carbón beneficiado de zonas brasileras adyacentes, de utilidad como carbón para vapor. El transporte de carbón de tan bajo poder calorífico y alto tenor en cenizas obliga a estudiar cuidadosamente las economías involucradas, puede sin embargo pensarse en el transporte de la energía eléctrica generada en la propia mina de Candiotta, importando en ese caso la energía eléctrica desde Brasil. Tendría la interconexión eléctrica correspondiente la ventaja que a su vez representaría un res-

paldo térmico importante para nuestro país y el acceso a la energía hidroeléctrica de la mayor red que hoy posee el Brasil de ese origen. Del lado de la Argentina, la interconexión estudiada permitiría asimismo un mayor respaldo térmico generado hoy en día en el gran Buenos Aires, además de la interconexión con la red de generación hidroeléctrica argentina.

Argentina aspira en 1990 a tener un 25% de electricidad de origen hidráulico mientras que Brasil ya tiene más del 90%.

Ambas interconexiones permitirían economías significativas por lo que representa el mayor respaldo térmico y el problema de la atención de los picos de demanda en husos horarios diferentes. Eventualmente, también economía de importación de crudos.

PROBLEMATICA ENERGETICA DEL URUGUAY

Al pretender enfocar el problema nos encontramos con imprecisiones de orden estadístico que dificultan la toma de decisiones que permiten orientar la acción futura.

Las imprecisiones surgen sobre todo en el sector de destilados de petróleo, donde por ejemplo no se tienen valores sistemáticamente obtenidos de la proporción de combustibles utilizados por los diferentes medios de transporte y máquinas agrícolas. Ni tampoco cifras actualizadas del consumo de queroseno para calefacción domiciliaria y la desagregación hoy existente entre el consumo de leña, queroseno y supergás (LPG), para calefacción domiciliaria, en los diferentes estratos sociales que componen nuestra población.

Existe además imprecisión generada por la irregularidad del régimen de lluvias en la cuenca del Río Negro lo cual impide tener una predicción correcta de las necesidades energéticas de UTE en el rubro combustibles, a pesar del uso de un modelo que abarca 80 años de historia.

Por otra parte, existe actualmente un significativo corrimiento hacia el uso de madera como leña y para la producción de gas pobre (gasógenos) para calderas industriales, con el consiguiente peligro de una creciente demanda de leña de origen natural que podría poner en peligro la conservación del suelo y riberas de nuestros arroyos. Asimismo, se percibe un creciente uso de energía eléctrica que sustituye a los combustibles derivados del petróleo, en algunos usos agrícolas.

Sin embargo, se hace cada vez más necesario que las decisiones para las

inversiones y la definición de los precios sean tomadas en forma integrada, esto es, dentro de la estructura de un plan completo, (indicativo), que determine la política, desde el manejo gerencial de la oferta y demanda de corto plazo, hasta la planificación correspondiente al largo plazo, en todos los subsectores energéticos. Sin embargo, hasta ahora, y por cierto no somos la excepción en el mundo, las inversiones y la fijación de los precios se llevan a cabo en forma parcial por subsector.

De esta manera, en general, la planificación de las inversiones del subsector eléctrico y petrolero se ha llevado a cabo en forma correcta pero bastante independiente, e independientemente de otros subsectores, que hoy adquieren creciente importancia.

Mientras la energía era de poco costo, esta aproximación parcial, que podía resultar en pérdidas económicas, era aceptable. Pero, con los crecientes costos de la energía en todos los sectores, los cambios de precios relativos de los energéticos y combustibles de todo origen y las posibilidades de sustitución de éstos, parece evidentemente aconsejable un enfoque integrado de la política energética a llevar a cabo.

La determinación de las necesidades energéticas de mediano y largo plazo deben implementarse en estrecha coordinación con los objetivos y metas elegidos para el desarrollo socioeconómico del país.

En el modelo adoptado, el principal enfoque deberá recaer en un completo análisis desagregado del sector energético con su correspondiente evaluación, y sus interacciones principales con el resto de la economía.

En forma general dentro de un sentido estrictamente técnico el objetivo

perseguido deberá ceñirse a procurar el menor costo posible para las demandas energéticas futuras. Pero puede indudablemente perseguir, además, otros tales como: reducir la dependencia de fuentes foráneas, aumentar la diversificación de los suministros, proveer las necesidades básicas de los estratos más indigentes, reducir el déficit comercial y la salida de divisas, desarrollar sectores críticos y zonas determinadas, obtener el ingreso necesario para financiar el desarrollo del propio sector energético (al menos parcialmente) asegurar el suministro adecuado y la estabilidad de los precios, preservar el medio ambiente, etc.

En general, se requiere el análisis en tres niveles jerárquicos de decisión, en relación a los objetivos nacionales fundamentales. 1° El enlace o eslanobamiento entre el sector energético y el resto de la economía, 2° Las interacciones entre los diversos subsectores energéticos. 3° Las actividades de cada uno de los subsectores energéticos.

Las etapas a cumplir incluyen el análisis de la oferta y la demanda, predicciones y proyecciones, balance energético, formulación de las políticas y análisis del impacto de éstas, que en conjunto permitirán alcanzar los objetivos para el corto, mediano y largo plazo.

Estas actividades se podrán cumplir al principio, en forma sencilla, luego, a medida que se desarrolla la información, y la aptitud de los recursos humanos empleados, se podrán adoptar esquemas más complicados y simulación, que tengan a su servicio un adecuado conjunto de informaciones.

Los precios

El uso de los precios o tarifas para la consecución de los objetivos antedichos es sumamente importante, especialmente en el largo plazo.

Las tarifas y las inversiones deben estar muy coordinadas en todos los subsectores de la energía. Del lado de la oferta los sistemas de suministro de energía como la generación de electricidad, su trasmisión y distribución; los yacimientos de petróleo y gas, los ductos de petróleo y gas, las minas de carbón, o la forestación, requieren de grandes inversiones de capital con largos períodos de repago y duración. Por lo que, al tomar la decisión (comunmente sobre la base del método - del - menor - costo) de satisfacer la demanda en cada subsector (con las consideraciones de sustitución del tipo de combustible) se establece una cristalización o aherrojamiento real en relación al suministro. Por ello los precios deben estar relacionados con el horizonte de los planes a largo plazo. Por otra parte, del lado de la demanda, el equipamiento necesario para la conservación de la energía, los sistemas de conversión energética (como los automóviles, calefactores, artículos eléctricos, y máquinas eléctricas) son de un alto valor en relación al poder adquisitivo individualytienen una vida útil bastante larga, por lo que, por ambos lados, limitan la posibilidad del consumidor para responder en el corto plazo a cambios en los precios relativos.

Los objetivos de la tarifación de precios energéticos están muy relacionados con aquellos más generales de la política energética, pero son más específicos.

Primero,

los criterios de crecimiento económico requieren una asignación de recursos, económicamente eficientes, tanto dentro del sector energético como entre éste y el resto de la economía.
En términos generales ello implica que el uso futuro del recurso energético esté en niveles óptimos, donde el precio de la unidad marginal de energía utilizada refleje el costo incremental del recurso utilizado a nivel de la economía del país. Los precios relativos deben además orientar al consumidor hacia la consecución de la más económica utilización de los recursos energéticos ofertados. Por supuesto, la distorsión o restricciones actuales o futuras a nivel macro o micro económico, obligarán al uso de precios sombra o subóptimos económicos, según el caso.

Segundo,

los objetivos sociales indican y reconocen el derecho de todo ciudadano a recibir los beneficios de un cierto mínimo de recursos energéticos, por encima de su sustento si deseamos una sociedad en armonía permanente. Dadas las realidades de existencia de estratos significativos de bajos recursos y la gran variación de ingresos, normales en una sociedad activa, se debe pensar en cierto tipo de ayuda, no necesariamente en forma de subsidio, a las tarifas energéticas, para contemplar aquellos casos que más lo necesiten.

Tercero,

Se debe estar preocupado con los objetivos financieros en relación

con la viabilidad y autonomía del sector energético. Esto generalmente se manifiesta por tarifas que permitan a las instituciones en los diferentes subsectores energéticos una equitativa tasa de rentabilidad y suficientes progresos para permitir una parcial financiación de las inversiones requeridas para el desarrollo de futuros recursos.

Cuarto,

Otro objetivo de las tarifas debe ser la conservación de la energía, ya que el impedir un uso y abuso indiscriminado es el factor más importante. También es necesario, a veces, conservar ciertos combustibles más que otros, por ejemplo disminuír la dependencia de importaciones de crudos petroleros y conservar un recurso rápidamente extinguible como la madera natural.

Quinto,

Se reconoce un número adicional de otros objetivos tales como la necesidad de una estabilidad razonable de precios, que impidan los sobresaltos de los consumidores ante grandes fluctuaciones de precios, y la necesidad de una simplicidad a los efectos de la contabilización y medida de los consumos.

Finalmente,

debe también tenerse presente en la tarifación de precios que hay otros objetivos adicionales, como la promoción de ciertas áreas sobre la base de la electrificación rural, o el desarrollo de sectores específicos de la economía como aquellas orientadas a la exportación, o aquellos otros de índole socio-política, legales o del medio ambiente, que en cada época tienen diferente importancia.

En general, los precios son más efectivos como herramienta de largo plazo, en el desarrollo de la política energética.

Para tener una idea de las inversiones necesarias se muestra en la gráfica VI siguiente, publicada por la Bechtel Corporation el año pasado, que muestra las inversiones de capital; en la columna de la izquierda, los precios en dólares por millón de BTU generados y abajo los precios en centésimos de dólar por kilowatio/hora. La parte más oscura es sin retorno de la inversión y la otra parte siguiente, con una rentabilidad del 5%. Según vemos en los distintos costos operativos y de capital, (en este caso en U$S/kWH instalado), aparece la nuclear como uno de los más bajos, comparable a la del carbón, luego ciclo combinado de gasificación de carbón y producción de destilados con trabajo de recuperación de combustión, esto es, con el equipo de presión, más cara, la energía geotérmica en 1979, del tipo vapor y del tipo salino, luego los reactores regeneradores, que son bastante más caros que los actuales de fisión, la planta hidrodinámica, las celdas de energía que trabajan con soluciones de electrolitos en disociación, la biomasa se supone que en el año 2000, (ésto es interesante para Uds.) tendrá un costo de 15 centésimos por BTU (salía alrededor de 50 centésimos), posiblemente 2 veces y media más cara que la correspondiente a la energía generada por el carbón, por la nuclear y por supuesto más cara que la del petróleo. La energía eólica (que llama la atención en estos momentos) se le vaticina un decrecimiento grande del costo de instalación y del costo de operación del año 1985 al año 2000. La energía de los océanos, la solar fotovoltaica, la solar térmica que es la

común que nosotros conocemos, entre el año 1990 y el año 2000 no parece que varíe, se entiende que no va a ser posible rebajarla mucho más en lo que resta del siglo.

La problemática se sintetiza apenas en una frase, el mayor uso de nuestros recursos propios de energía (que corresponde al tema del seminario de Uds.) y el menor y más eficiente uso de aquellos que debemos importar.

Para terminar diría remontándome a Plutarco, "no son las casas bien techadas ni las piedras de paredes, no, ni los canales ni los muelles, los que hacen la ciudad, son hombres capaces de usar una oportunidad."

PANORAMA ENERGETICO URUGUAYO

Ing.Qco. Héctor E. Ibarlucea
Director del Instituto de
Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

1.0 SUMARIO

En base a la profusa información internacional y a la escasa nacional, se trata de caracterizar la crisis del petróleo y cómo se inserta en ella, la situación del Uruguay en relación al consumo de energía.

Se dan cifras de la situación mundial en relación a recursos energéticos fósiles y nucleares, analizando su posible evolución hasta fines del siglo, según estimaciones realizadas por expertos en la materia.

Se analizan las posibilidades de nuestro país para afrontar la crisis en base a la utilización de las manifestaciones energéticas de la naturaleza, destancando en dicho contexto la importancia del empleo de recursos agroenergéticos.

2.0 LA CRISIS DEL PETROLEO

2.1 El petróleo en el desarrollo de la humanidad

En la vida de la humanidad, el empleo del petróleo únicamente significará 200 años, sin embargo, su incidencia en el modo de vida tiene otra trascendencia.

El modelo de desarrollo actualmente vigente se basa en el consumo de energía y es así que el consumo per cápita se toma como indicador de la situación de desarrollo de un país. El petróleo, desde su aparición hasta 1973 constituyó una fuente barata de energía transformándose en insumo fundamental a bajo precio, e induciendo tecnologías caracterizadas por esa situación. Su consumo se ha incrementado en forma exponencial desde su descubrimiento. El consumo de energía ha sido:

* 12×10^{14} KW-hr. desde Cristo hasta 1850.
* 3×10^{12} KW-hr. /año en 1850.
* 3×10^{13} KW-hr. /año en 1950.
* 6×10^{13} KW-hr. /año en 1970.
* En 1974 tendía a duplicarse en 10 años.

Por las razones que expondremos, es previsible que el consumo en productos de petróleo, incluyendo gas natural, disminuyan considerablemente para fines de siglo. No obstante, su sustitución por otras fuentes no puede considerarse en forma radical, en razón de su intervención condicionando la forma de vida actual de la población mundial, lo que dificultará sensiblemente la sustitución, a menos que se trate de mantener una estructura de consumo similar, en uso y características. Es decir, no se trata de sustituir la energía que genera un barril de petróleo, sino encontrar fuentes sustitutivas para el uso de cada uno de los derivados obtenidos del procesamiento de un barril de petróleo.

3.0 LA CRISIS

En 1973 el aumento vertical del precio del petróleo determina la entrada en la crisis que, a los efectos de su análisis, está caracterizada por tres elementos básicos:

* Escasez. Se trata de recursos finitos, no renovables, pues su ciclo de formación supera grandemente los ciclos humanos. En consecuencia, su utilización está condicionada a un manejo racional de las reservas pues, en caso contrario, su malgasto puede conducir a situaciones difíciles de sobrellevar.

* Precio. Impuesto por los poseedores de un recurso no uniformemente distribuído, pues 57% está en Medio Oriente, y sólo 4% en Sudamérica. Esta situación limita considerablemente las condiciones de regateo y tiende a desplazar su empleo en procesos o productos, capaces de cubrir el sobreprecio, petroquímica por ejemplo.

A su vez, la situación hace factible económicamente otras fuentes de energía.

* Dependencia. La concentración de los recursos de petróleo y gas natural en áreas específicas, unido al hecho de que prácticamente ninguna actividad humana puede hoy por hoy prescindir de estos recursos, genera condicionantes de dependencia económica, política y estratégica.

4.0 SITUACION DEL URUGUAY

Nuestro país no dispone de petróleo y en consecuencia es directamente afectado por la crisis.

4.1 Fuentes y usos energéticos nacionales.

Tomando en consideración que no es posible pretender cambiar en forma radical los actuales usos de los derivados del petróleo, porque involucran tecnologías que condicionan nuestra forma de vida; será necesario, en consecuencia, mantener el perfil de consumo con los menores cambios tecnológicos. Es importante pues, conocer las fuentes y usos nacionales de energía y en forma especial, del petróleo y sus derivados.

1) Fuentes primarias.

Ings. Bozzo, José; Oliveras, José R.; Ercoli, Luis A.; Ibarlucea, Héctor E.: "Estudio para establecer una política de ahorro de petróleo y derivados" (Octubre 1979).

A fines de la década del 70, las fuentes primarias de energía se estimaron para el Uruguay, en:

Petróleo	70 %
Hidroelectricidad	17 %
Leña	10 %
Energía eólica	2 %
Carbón	1 %

En valores absolutos el consumo en fuentes primarias fue del orden de los 2:500.000 TPE (Toneladas de Petróleo Equivalentes).

Esta energía primaria fue empleada por los distintos sectores de la actividad nacional, de acuerdo a los siguientes porcentajes:

Industria	30 %
Transporte	22 %
Residencia y Comercio	35 %
Usos agrícolas, consumo de refinería, alumbrado público, consumo de UTE y pérdidas de transformación, transmisión y distribución	13 %

2) El petróleo

El uso del petróleo se realiza a través de la siguiente estructura en derivados:

Gas licuado	2,5 %
Naftas	13,5 %
Queroseno	9,0 %
Gasoil	24 %
Diesel Oil	2,5 %
Fuel Oil	48,5 %

En cuanto al consumo de derivados, la estructura es aproximadamente la siguiente:

Generación termoeléctrica	20,5 %
Industria	25,5 %
Transporte	31,0 %
Residencial y comercial	13,3 %
Otros usos (agrícola y de consumo de refinería, etc.)	9,7 %

Estudios realizados por la Dirección Nacional de Energía - Ministerio de Industria y Energía, estiman pérdidas en el sector Transporte, Industria y Residencial-Comercial del orden de 34% del total de energía primaria disponible, a lo que habría que agregar un 26% adicional por mermas en la refinación, pérdidas en consumo eléctrico, ajustes de conversión y pérdidas reales por generación térmica.

5.0 SITUACION MUNDIAL EN COMBUSTIBLES FOSILES

5.1 Combustibles convencionales

De acuerdo a Elliott y Turner, en trabajo presentado en la American Chemical Society, Boston, Massachusetts, abril de 1972, la velocidad de producción de un recurso no renovable se vincula a la demanda y a la cantidad remanente en elyacimiento, lo que conduce a una función exponencial que acusa, en un diagrama Producción vs. Tiempo un máximo que corresponde al punto en el que se igualan la oferta y la demanda. Esta curva, de forma similar a una campana, con la rama descendente asíntota sobre el eje del tiempo, encierra un área equivalente a las reservas existentes.

No existe acuerdo a nivel internacional sobre las reservas posibles existentes y las estimaciones oscilan en valores absolutos bastante diferentes. Sin embargo, según los datos aportados por la British Petroleum para el año 1979, la demanda superará a la oferta en la década del 80 para el petróleo, en la década del 90 para el gas natural y en el siglo 2200

para el carbón; aunque si éste sustituye todos los usos del petróleo, la demanda superará la oferta a fines del próximo siglo.

Suponiendo el empleo de todos los recursos de combustibles fósiles probados en su conjunto, e incluyendo las arenas alquitranosas y los petróleos pesados, el pico de máxima que define el momento en el cuál la demanda supera la oferta se ubica en la década 2050.

Es de destacar asimismo, que variaciones que dupliquen las existencias del recurso, únicamente desplazan algunos años el pico de máxima. Por otro lado, dada la importancia estratégica de los recursos considerados, periódicamente surgen en la prensa anuncios que deben tomarse con precaución porque pueden inducir a error. Así por ejemplo, según la -- prensa del 6/XI/80 Petrostudies (Suecia) anunció que en Basenov (Rusia) se han descubierto yacimientos de petróleo liviano, con bajo contenido en azufre, de fácil extracción, del orden de 620 x 10^9 T, lo que significa siete veces las reservas probadas existentes en 1979.

Los expertos en el tema establecen que si bien es posible pensar en descubrimientos adicionales de recursos energéticos fósiles, las cifras finales nunca llegarán a modificar sensiblemente el panorama general premencionado, especialmente en lo que a su distribución se refiere.

5.2 Combustibles nucleares

Existen tres combustibles nucleares:

* U^{235} (natural), que se encuentra en una concentración de 0,7 % en el uranio natural, con una concentración promedio de 4 ppm en la corteza terrestre.
* U^{233} (sintético), proviene del Th^{232}, que se encuentra en la corteza terrestre en aproximadamente 1:000.000 T. de varios minerales.
* Pu^{239}(sintético), se produce a partir del U^{238}, que se encuentra en una concentración en 92,2 % en el uranio natural.

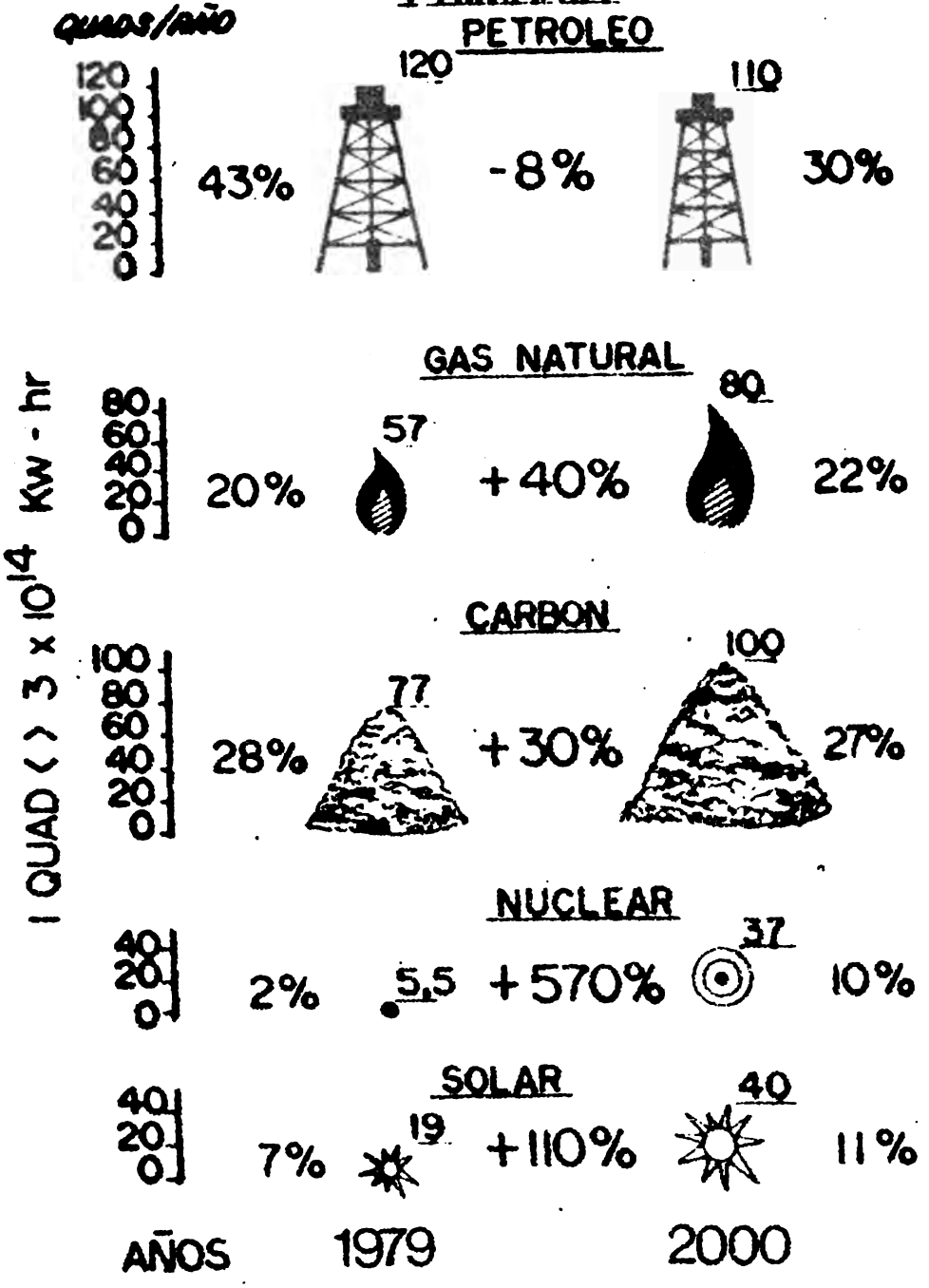
En los dos últimos casos las trasmutaciones generan energía a la vez que combustibles nucleares.

1) El U^{235} no produce reacción de fisión en cadena con neutrones rápidos en el Uranio natural, a menos que se le concentre hasta 3%, lo - que exige una tecnología físico-química altamente sofisticada.

En el proceso Candu (Canadiense) se emplea mineral de U^{235} sin concentrar, alcanzando la reacción en cadena con neutrones de baja energía (térmicos) moderados con agua pesada (D_2O), pues en esas condiciones la posibilidad de captura por parte del U^{235} es 200 veces la del U^{238}.

LAMINA 1

CAMBIOS MUNDIALES EN ENERGIA PRIMARIA



2) La fisión de un quilo de combustible nuclear equivale a aproximadamente 1700 m^3 de fuel oil.

Un reactor de 10^3 MWE consume 5500 T de UO_2 en su vida útil de 30 años. Genera 3 m^3/año de residuos altamente agresivos, que requieren un tratamiento sofisticado, a los efectos de su deposición y/o reprocesamiento para recuperar algunos de los principios activos.

3) Las existencias de U_3O_8 (de U^{235}) probadas hasta 1980 sobre la base de un precio de U$S 30/lb, son de 2:100.000 T considerando la totalidad del mundo. Se registran como probables además 1:900.000 T. La demanda prevista en 1985 es de 100.000 T/año lo que pone en evidencia la escasez del recurso.

Las reservas se transforman en ilimitadas si se emplean reactores regenerativos (breeders), utilizando como material fértil el Th^{232} y el U^{238}, generando energía, y los combustibles nucleares U^{233} y Pu^{239} respectivamente. El desarrollo de este tipo de reactores, cuya tecnología parece manejarse adecuadamente como para su uso comercial, presenta limitaciones desde el punto de vista político, porque al trabajar con alta concentración de material fértil, produce un concentrado que permite fácilmente la fabricación de armas nucleares.

5.3 Proyecciones a nivel mundial.

Como se ha expresado, el uso generalizado del petróleo y gas natural no permiten su sustitución inmediata.

Las conferencias mundiales sobre el tema,("Décima Conferencia Mundial de la Energía" - Estambul, Turquía - 19-23 setiembre 1977), realizan las proyecciones para el año 2000 según las cifras que se exponen en la Lámina 1, realizando a la vez, las siguientes consideraciones:

* la producción de petróleo y gas natural habrán alcanzado en el año 2000 su apogeo, declinando la del petróleo a partir de la década del 80.

* Los precios continuarán aumentando considerablemente.

* Los problemas de todo orden de la energía nuclear de fisión, limitarán su expansión. La energía nuclear de fusión se supone será operacional entre las décadas 2010 y 2020.

* Las consecuencias ecológicas del uso de combustibles fósiles y nucleares pesarán cada año más, induciendo líneas de acción tendientes a limitar o eliminar esos efectos. Se desprende que el factor de incidencia ecológica será fundamental en la consideración de fuentes alternativas de energía.

6.0 LAS POSIBLES LINEAS DE ACCION

6.1 Orientación

El análisis de posibilidades nacionales debe encuadrarse en la consideración de las características de la crisis y la situación particular de nuestro país. En tal sentido, debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos fundamentales.

* La estructura del consumo actual no puede cambiar rápidamente, y en consecuencia, las soluciones de fuentes alternativas de petróleo deben buscar mantener el perfil del consumo de derivados existente.

* Debe tomarse especial consideración de los problemas que en el fondo plantea la crisis, vale decir:

- escasez
- precio
- dependencia

Olvidar estos aspectos, es orientar soluciones que llevan en sí el germen de sus limitaciones y en consecuencia, pueden resultar en esfuerzos financieros y políticos que nos sumergirán cada vez más en lo que se trata de superar.

* En virtud de que nuestra capacidad técnico-económica es limitada, debemos enfrentar la crisis con soluciones basadas en criterios selectivo y prioritario, hacia aquellas tecnologías más accesibles a nuestras condiciones específicas.

6.2 Manifestaciones energéticas naturales.

1) En la Lámina 2 se da una idea cuantitativa de las manifestaciones naturales de energía a las que el hombre puede prácticamente acceder con o sin incorporación de tecnologías creadas por él.

Como se puede apreciar, dichas manifestaciones están vinculadas al sol:

* en el pasado cósmico: los volcanes, las mareas, los terremotos, la conducción terrestre y las fuentes de combustibles nucleares.

* A través de los ciclos de las biomasas:

- el mayor, generando los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) a través de un proceso de cientos de miles de años en condiciones de alta presión y temperaturas dentro de la corteza terrestre y,
- por el ciclo vital menor que genera biomasas que sirven para alimento, materias primas y combustibles.

L A M I N A 2

MANIFESTACIONES NATURALES DE ENERGIA EN EL MUNDO.

	KCAL/AÑO
* VOLCANES	$2,5 \times 10^{13}$
* VIENTO	$1,7 \times 10^{15}$
* ELECTRICIDAD ATMOSFERICA	$1,3 \times 10^{16}$
* MAREA	$1,3 \times 10^{16}$
* AGUAS TROPICALES	$2,0 \times 10^{16}$
* TERREMOTOS	$2,8 \times 10^{16}$
* FOTOSINTESIS	$1,0 \times 10^{17}$
* CONDUCCION	$1,8 \times 10^{17}$
* HIDRAULICA	$2,5 \times 10^{17}$
* RADIACION SOLAR	$1,6 \times 10^{21}$

---

2) Frente al mencionado contexto, no se vislumbran con viabilidad, especialmente para nuestro caso, la explotación de volcanes, electricidad atmosférica y terremotos.

3) Energía Geotérmica.

Proviene de la conducción térmica desde el núcleo de la tierra, aproximadamente a 5500°C, el que se incrementa con radioactividad proveniente de las capas superiores de la corteza terrestre. Su flujo se estima en el orden de 0,027 Kcal/m^2.año, o sea de muy baja densidad térmica, lo que demandaría para su utilización a niveles aceptables, proceso de concentración. Sin embargo, esta concentración puede producirse naturalmente en aguas subterráneas profundas, generando vapor o agua caliente.

Tal es lo que sucede con las aguas termales del litoral noroeste, cuya explotación es analizada a través de organismos especializados.

4) Energía eólica.

Es generada por la diferencia de insolación existente en las distintas partes de la tierra, combinadas por efectos de arrastre debido a la rotación terrestre. Su aprovechamiento puede llegar a un máximo teórico del 50%; actualmente sólo se ha alcanzado el 45% produciendo energía mecánica y 30% generando energía eléctrica.

En nuestro país actualmente se aprovecha alrededor de 50.000 KW, empleando acumuladores, a nivel predial agrícola. Sin embargo se ha estudiado la factibilidad de su aprovechamiento a nivel de red eléctrica con resultados auspiciosos, por implantación de usinas de acumulación y bombeo en zonas donde el viento presenta en nuestro país condiciones favorables. Por ejemplo, en la Sierra de las Animas por este sistema se estima que se puede llegar a potencias del orden de los 250 MW. (Giavi, Ing. Hugo R., "Las nuevas fuentes para la producción de energía eléctrica"(set.1979), y "Hacia una política general para la producción de energía eléctrica" (mayo, 1980).

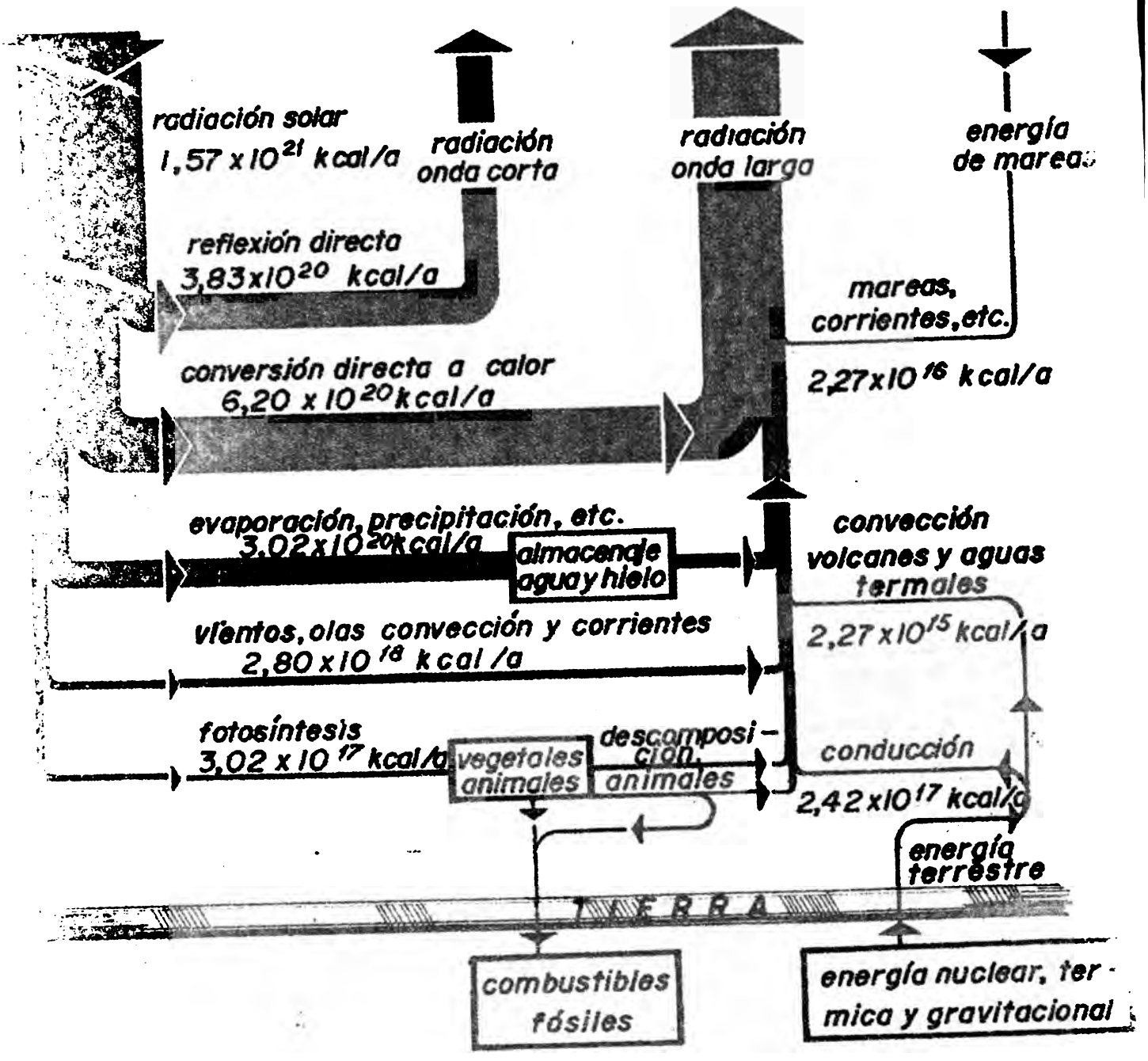
Asimismo, los autores consideran la posibilidad del empleo de centrales aerogeneradoras conectadas a la red, a lo largo de la costa Colonia-Montevideo, Punta del Este, donde prácticamente siempre existen vientos de intensidad aprovechable, 7,2.m/seg las 24 horas del día.

6) Fotosíntesis.

Constituye el fundamento de la agroenergía. Es el proceso natural a través del cuál las radiaciones solares, catalizadas por la clorofila y en presencia de agua y anhídrido carbónico, generan los hidratos de carbono. La eficiencia máxima teórica deducida termodinámicamente es del orden de 5,3 % de la energía incidente. En la práctica este aprovechamiento es del 1 al 2 %, aunque algunos cultivos puedan llegar a más del 3 %.

— lámina 3 —

ENERGIA SOLAR



Este proceso permite acumular la energía radiante solar en las biomasas, a partir de las cuáles, es posible llegar a varios tipos de combustibles.

7) Energía hidráulica

Está determinada por el ciclo del agua debido a la acción de la radiación solar: evaporación-condensación en nubes-lluvia.

El viento traslada las nubes y las lluvias humedecen el suelo y se acumulan en los cursos de agua, donde por represas o bajo la forma de hielo en las montañas, es posible almacenar energía potencial que se transforma en mecánica y finalmente eléctrica.

En el caso de las corrientes de agua las posibilidades de utilización dependen del régimen hidrológico, profundamente afectado por el clima. En estos casos se hace imprescindible asegurar un respaldo térmico para evitar colapsos. Esta situación no se produce evidentemente cuando el agua proviene del deshielo.

La situación nacional en este rubro muestra que en esta década, aún con inclusión de Salto Grande y Palmar, ya entraremos en déficit (Estudio de la Electroconsult-Milán, Italia). Lo que limita además del régimen hidrológico las posibilidades de este recurso, ya que, prácticamente están agotadas las posibilidades de empleo del mismo en grandes cursos de agua.

Se estudia, la posibilidad de aplicación de microturbinas con aprovechamiento de pequeños saltos.

8) Energía solar.

En la Lámina N° 3 se indica aproximadamente la incidencia y distribución de la energía solar incidente en la tierra. El total corresponde a $4,57 \times 10^{17}$ KW-hr, lo que corresponde a 40 veces más de las reservas probadas de combustibles fósiles en la tierra y a 5 veces las necesidades de energía prevista para el año 2000.

Su aprovechamiento está comprometido por:

* La baja densidad de flujo que hace necesario grandes superficies para recoger energía en escala de utilización. Aproximadamente, en el Ecuador en un día claro y con una eficiencia de recolección de 10% se requieren 10 m^2 para obtener un KW cuando el sol está en el cenit. La distribución de la energía solar incidente en la tierra se aprecia en la lámina analizada.

* La intermitencia limita también el empleo de la energía solar en gran escala. A ello se agrega la variabilidad determinada por la inclinación de los rayos solares a lo largo del día, la variación de las estaciones y, finalmente, la variación determinada por el clima (nubes).

* La dificultad para su transporte constituye la limitación más importante para aquellos países desarrollados que emplean un sistema concentrado de energía.

6.3 Empleo de Energía Solar.

Lo expuesto sugiere las siguientes acciones a los efectos de utilizar la energía solar:

* Acumularla para cubrir las intermitencias.

* Concentrarla para obtener mayor nivel térmico esencial para ciertos usos.

1) Sistemas de acumulación.

* Naturales.

- Biomasas agrícolas y forestales, generadas por el ciclo vital menor, que da origen a la vida en el planeta produciendo alimentos por la fotosíntesis.

- Energía hidráulica, generada como energía potencial a través del ciclo del agua en la tierra.

- Combustibles fósiles, generados a través del ciclo mayor de las biomasas.

* Por procesos tecnológicos desarrollados por el hombre.

- Almacenamiento como calor sensible en masa de aguas o de sólidos. El primero produciendo agua caliente a un nivel térmico bajo pero suficiente para uso humano o como etapa previa para uso industrial. El segundo empleado normalmente para calentamiento de aire de calefacción o usos industriales (secado).

- Por transformación en energía eléctrica, empleando un fluído intermediario apropiado. La energía eléctrica puede transformarse y acumularse bajo la forma de energía potencial del agua, energía química bajo la forma de Hidrógeno que es el combustible de mayor poder calorífico y, finalmente, acumulado en baterías o acumuladores sólidos o líquidos.

Tomando en consideración la baja densidad del Hidrógeno gaseoso y las condiciones extremas requeridas para su liquefacción, se han desarrollado hidruros metálicos de Hierro, Titanio y Magnesio, que incrementan la densidad energética entre diez y quince veces la del Hidrógeno gaseoso.

El empleo de baterías y acumuladores está regido por los objetivos de:

Alta densidad energética.
Densidad de potencia.
Duración.

De los sistemas líquidos y sólidos que han sido estudiados el que aparentemente se presenta con mejores posibilidades es la batería de sodio/azufre que emplea como electrolito Beta-alúmina, donde circulan los iones de sodio. Con ella se sostiene (EPRI, J.;1, pg. 8 - 1976) que puede alcanzarse una densidad de energía 6 a 9 veces la obtenida en los acumuladores ácidos y 4,5 veces su potencia en el pico de consumo.

2) Sistemas de concentración.

* Por medio de un campo de heliostatos, espejos que reflejan y concentran la energía radiante solar en un punto o zona que, actuando como caldera, genera vapor que entra en un ciclo Ranking. Los espejos acompañan el movimiento del sol a través de un sistema mecánico y normalmente se construyen cóncavos para máximo aprovechamiento. El factor de concentración por este sistema puede llegar a 1000 veces. No obstante, presenta el inconveniente de la intermitencia lo que obliga a coordinarlo con una generación a través de combustibles fósiles y además, una instalación de este tipo para 50 MWE requeriría aproximadamente 15.000 espejos de 36 m^2 cada uno, lo que da una idea de la dificultad tecnológica.

* Por empleo de espejos parabólicos es posible alcanzar niveles superiores de temperatura, o sea una mayor concentración de energía solar, aunque más limitada desde el punto de vista de generación de energía. En este caso se encuentran los hornos solares en los que se alcanzan temperaturas de hasta 4000°C.

3) Sistemas de conversión.

Permite transformar directamente la energía solar en energía eléctrica.

* La transformación termo-iónica, que opera entre 1000-2000°C, determinando la formación de iones capaces de generar energía eléctrica.

* Las celdas fotovoltaicas que, operando con semiconductores, normalmente silíceo y algunos sulfuros,permite obtener directamente a partir de la radiación solar incidente una corriente eléctrica. El rendimiento de este tipo de equipos es de 12 a 15% y presenta un factor de concentración de la energía solar de 5 a 10.

7.0 LAS POSIBILIDADES DE NUESTRO PAIS

7.1 Combustibles fósiles

Los estudios cumplidos hasta el momento sólo permiten pensar en posibilidades limitadas a nivel nacional, respecto a los combustibles fósiles.

1) Existe algo de turba que, oportunamente fue analizada como posible combustible a emplear en la generación térmica. Los yacimientos más estudiados se encuentran en Rocha en la zona de Velásquez, y los estudios cumplidos, antes de la crisis del petróleo, motivaron su deshecho en razón de las dificultades de extracción (fondo de bañados) y su alto contenido en cenizas.

2) Se ha detectado carbón mineral en la zona noreste de nuestro país, que debe responder a la formación carbonífera brasileña de Rio Grande con una composición similar a la observada en Candiotas donde existe una central térmica. Por su alto contenido en cenizas (más de 50%), no admiten transporte y debe ser usado localmente.

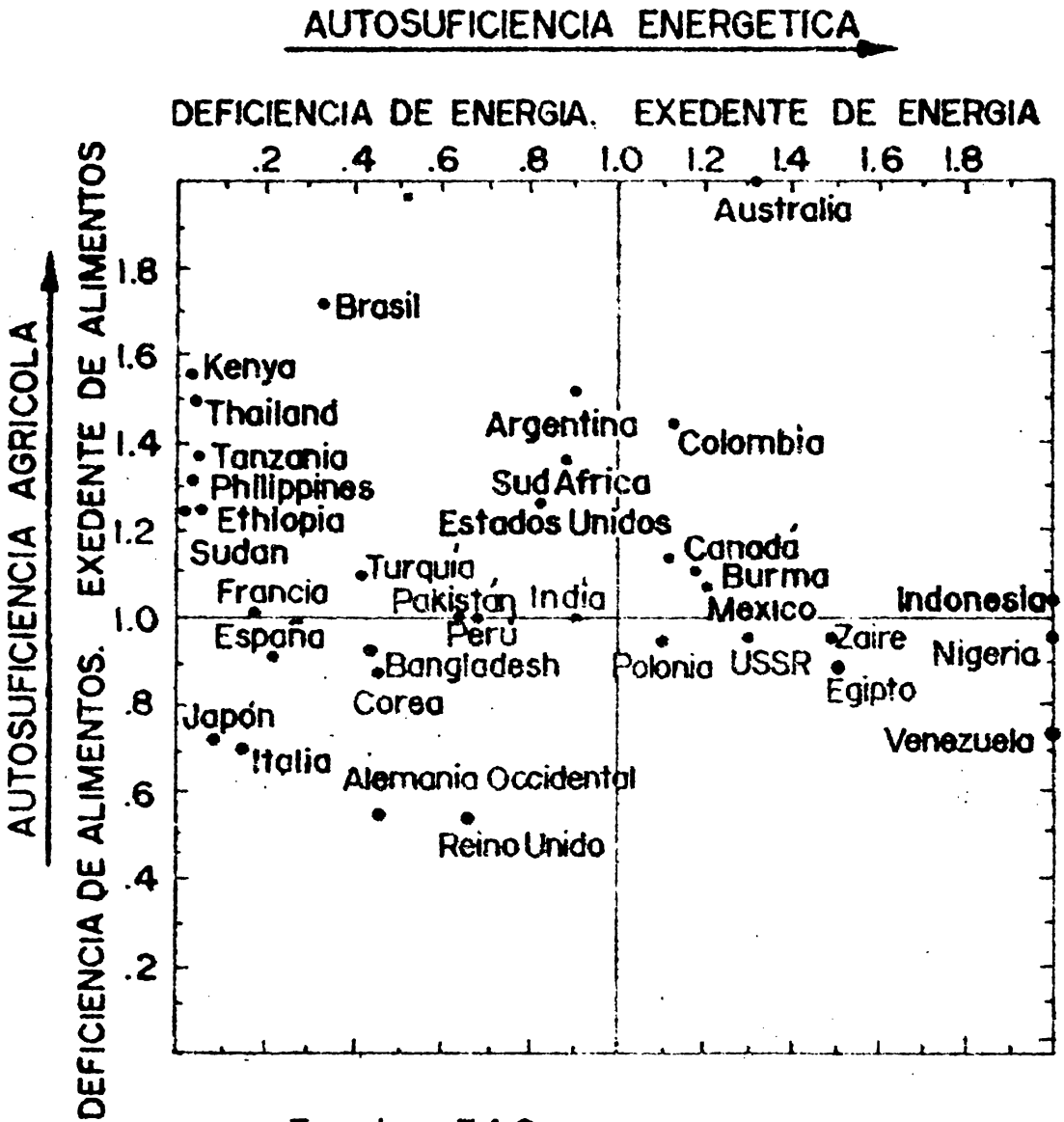
3) Se investigan los esquistos bituminosos, formación mineral sólida que, sometida a destilación genera combustibles líquidos. Aparentemente tienen comprometido el balance energético. En Brasil se estudia seriamente la posibilidad de su explotación, como fuente sustitutiva del petróleo.

4) Se investigan posibles yacimientos de uranio en el país, en base a estudios preliminares que acusaron anomalías significativas.

5) Se han realizado investigaciones en busca de petróleo. Los resultados han sido negativos.

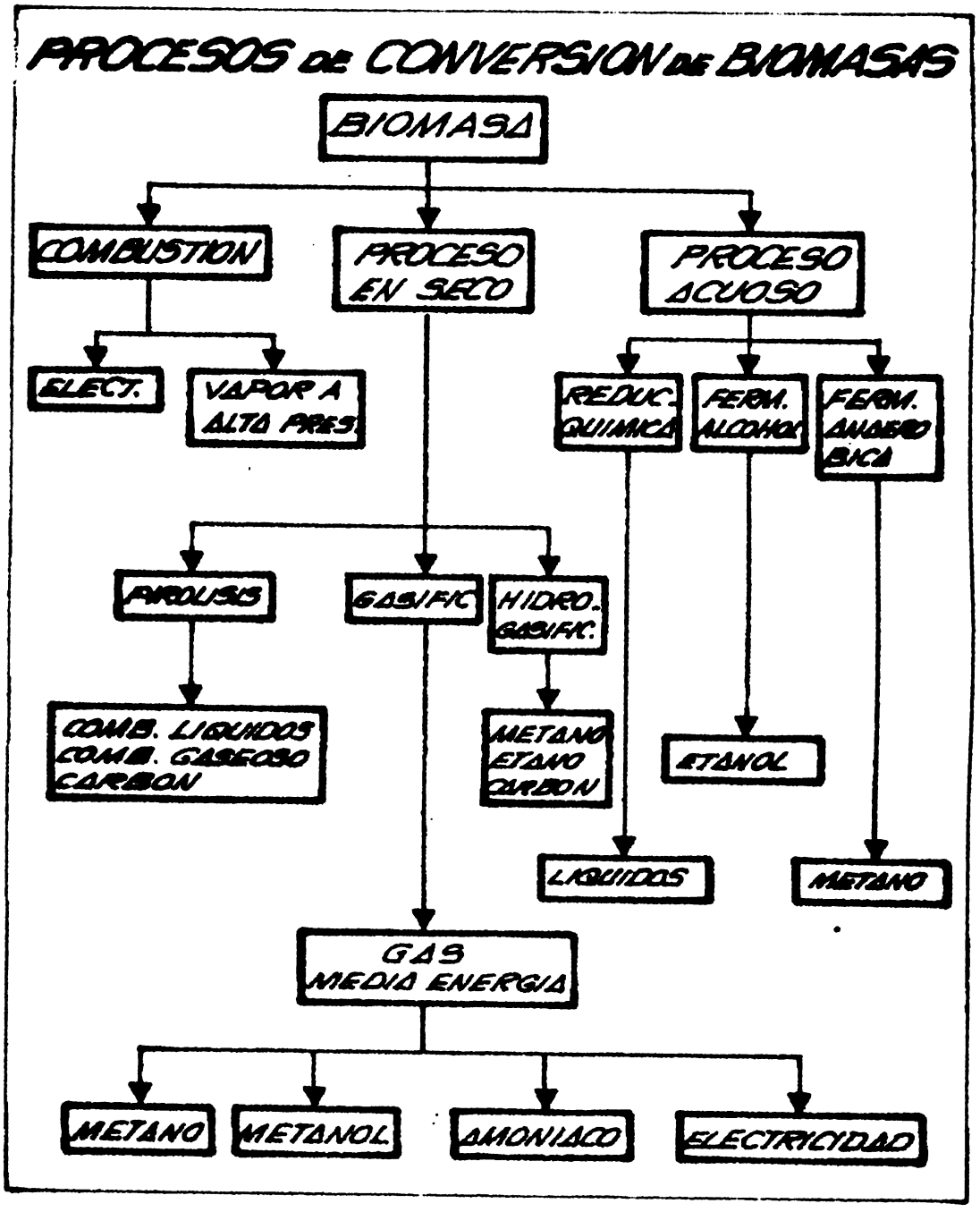
LAMINA 4

AUTOSUFICIENCIA ENERGETICA Y AGRICOLA RELACIONES EN ALGUNOS PAISES



Fuente : FAO

LAMINA 5


PROCESOS DE CONVERSION DE BIOMASAS
BIOMASA
COMBUSTION
PROCESO EN SECO
PROCESO ACUOSO
ELECT.
VAPOR A ALTA PRES.
REDUC. QUIMICA
FERM. ALCOHOL
FERM. ANAERO BICA
PIROLISIS
GASIFIC
HIDRO. GASIFIC.
COMB. LIQUIDOS
COMB. GASEOSO
CARBON
METANO
ETANO
CARBON
ETANOL
LIQUIDOS
METANO
GAS
MEDIA ENERGIA
METANO
METANOL
AMONIACO
ELECTRICIDAD

7.2 Posibles soluciones.

1) Las mismas deben encuadrarse en:

* Los problemas que plantea la crisis del petróleo de: escasez, dependencia, y precio.

* La solución debe asegurar una factibilidad técnico-económica. La tecnología, si bien se puede adquirir, debe ser accesible a nuestro medio; en caso contrario puede crear situaciones difíciles y seguramente, involucrará una dependencia de todo orden.

Las inversiones deben ser amortizadas en tiempo útil, asegurando una tasa de retorno y un valor actual neto compatible con las circunstancias nacionales.

Sin embargo, este análisis de ninguna manera debe invalidar las acciones tendientes a buscar fuentes sustitutivas nacionales mientras el precio del petróleo se incrementa. Las soluciones no se obtienen en estos casos en forma inmediata y sería riesgoso esperar a último momento para iniciar las acciones, o emplear soluciones de otros países, desarrolladas en otro entorno que el nuestro.

El costo de producción a través de las nuevas fuentes debe ser competitivo. En caso que actualmente no lo sea, pero presente factibilidad técnica en nuestro país, se justifica tomar todas las providencias para que entre a producirse en el momento en que los precios del petróleo lo aconsejen.

* Por todos los medios es necesario evitar que la solución no implique dependencia insalvable desde el punto de vista económico y político, pues ello redundaría en un compromiso estratégico para nuestro país.

7.3 Acciones recomendables.

1) Racionalización del consumo de combustible por un empleo más eficiente.

Estudios de la Dirección Nacional de Energía, estiman pérdidas en el uso de combustibles líquidos en el transporte, industria y residencial-comercial, del orden del 34% del consumo Por lo expuesto, la racionalización es una medida de orden que, aunque no solucionará el problema de fondo, contribuye a amortiguar la incidencia del precio creciente del petróleo en nuestra actividad económica y por otro lado, mejora la competitividad en nuestras empresas.

2) Tratar de utilizar las facilidades que pueden otorgar las interconexiones con países vecinos, y que nos permitan acceder a fuentes de energía no viables por el momento para nuestro país, siempre que se contemplen los problemas que plantea la crisis, en el sentido de no agravarlos, como ya se mencionara anteriormente.

3) Aprovechamiento al máximo de la energía hidráulica, tomando en consideración que, por su origen hidrológico, demanda respaldo térmico.

4) Definir la posibilidad de aprovechamiento de la energía eólica.

5) Mientras se observa y acompaña el desarrollo de otras fuentes alternativas, especialmente nuclear por fisión empleando reactores regeneradores y nuclear por fusión, promover el estudio de factibilidad de aprovechamiento de agroenergía.

7.4 La agroenergía en nuestro país.

1) La agroenergía en general presenta un problema básico, la competencia entre su utilización para la producción de alimentos o de fuentes renovables de energía. La FAO ha estudiado la situación de varios países en relación con las necesidades de alimentos y energéticas. La misma se muestra en la Lámina 4. En esta se aprecia la situación de Brasil, con excedentes en fuentes de alimentos y alta deficiencia en energía, y la de Argentina, con excedentes de alimentos y prácticamente autoabastecida en combustibles. Ambos países ubicados en el primer cuadrante, donde seguramente se ubica Uruguay en posición semejante a Brasil.

2) Las fuentes

Las posibles fuentes agroenergéticas comprenden los siguientes rubros: biomasas forestales, agrícolas y marinas.

A través de un modelo computado ., empleando una productividad global primaria, arroja a nivel mundial la posibilidad de producir entre 10^{11} y $1{,}25 \times 10^{11}$T de materia seca/año como productividad terrestre, más entre $4{,}4 \times 10^{10}$ y $5{,}5 \times 10^{10}$ T. de materia seca/año producida en los océanos. Evidentemente la productividad depende fundamentalmente del área geográfica de que se trate, tipo de tierra y condiciones climáticas específicas.

La situación privilegiada en suelos productivos de nuestro país, así como su amplia costa, permiten pensar en la utilización de biomasas forestales, agrícolas y marinas. El cultivo de algas marinas macroscópicas, como fuente de energía, está siendo estudiado con detención en varios países desarrollados, llegándose en estudios experimentales a 60 T. de materia seca/ha.año en Fort Pierce-Florida-USA (Aquaculture, 8, 9 (1976),

hacen pensar en la posibilidad del establecimiento de granjas energéticas o sustitutivas de los alimentos producidos por zonas terrestres empleadas para agroenergía.

Las biomasas forestales por su mayor inercia a las plagas y pestes y a no ser zafrales, presentan ventajas sobre las biomasas agrícolas desde el punto de vista de su explotación energética.

3) Los procesos.

Las biomasas y sus residuos, pueden ser procesados a través de las líneas que se indican esquemáticamente en la Lámina 5, procesos que están en utilización o en ensayo en escala piloto, con amplias posibilidades. Un aspecto importante a tener en cuenta en el análisis de las biomasas como fuentes de energía, es el balance energético, vale decir la cantidad de energía total empleada para producir la biomasa y el combustible de la misma, en relación con el que generará éste en su empleo. Sin pretender entrar en detalles, que no se justifican en una presentación panorámica como lo pretende ser este trabajo, se pasa a analizar en líneas generales las posibilidades que ofrece en nuestro país las distintas líneas de acción indicadas en la lámina.

* Digestión anaeróbica.

Los residuos humanos, de animales y algunos procedentes de cultivos agrícolas o forestales, pueden ser fermentados fuera del contacto del aire, para la producción de un gas combustible constituído de aproximadamente 60% de Metano y 40% de Anhidrido Carbónico. Los microorganismos productores del proceso, se encuentran en el residuo y únicamente es necesario favorecer su desarrollo. El residuo resultante de la fermentación constituye un compost enriquecido en Nitrógeno por unidad de peso respecto al producto del que se partió, a lo que se agrega el hecho de ser inocuo y no agresivo.

Existen en nuestro país muchas posibilidades para el empleo de este proceso a los efectos de generar combustible gaseoso capaz de cubrir las necesidades energéticas de actividades rurales o pequeñas ciudades del interior en que los residuos se generan en forma concentrada.

Veremos en exposiciones de este Seminario detalles de este proceso y las posibilidades concretas que ofrece para nuestro país, pero destacamos desde ya que es una tecnología de fácil acceso para nuestro medio y que involucra un procesamiento de residuos con una sana orientación ecológica.

* Fermentación alcohólica.
Emplea un proceso ampliamente conocido y utilizado fundamentalmente para la producción de alcohol industrial y de boca, en parte desplazado por síntesis via petroquímica. La fermentación puede realizarse a partir de materia azucarada proveniente de cultivos agrícolas sacarígenos o de la hidrólisis de la celulosa via ácida o microbiológica.

El balance energético se muestra favorable para la caña de azúcar y el sorgo y, eventualmente la remolacha, si se aprovechan sus residuos para la generación de biogas. El desdoblamiento microbiológico de la celulosa está aún en vía experimental, pero ofrece grandes posibilidades.

Como se expresará en algunos trabajos que se expondrán en este Seminario, la producción de alcohol etílico a partir de cultivos sacarígenos, ofrece posibilidades inmediatas para nuestro país en la generación de un sustituto de la nafta que no implica modificaciones sustanciales a los motores ciclo OTTO, con la ventaja de que promueve desarrollo agrícola intensivo, a la vez que permite el empleo de un combustible con mejor antidetonancia y menos contaminante que la nafta actualmente usada. El sorgo se perfila como más apropiado que la caña de azúcar dada la situación marginal de nuestro país para este cultivo y las exigencias de riego que demanda. Según estudios preliminares, y suponiendo que se realizara un solo corte por año, se requerirían 30.000 Ha. de sorgo para sustituir el 20 % del actual consumo de nafta, 370.000 m^3/año.

* Reducción Química.
Empleando un reductor alcalino como podría ser el Carbonato de Sodio, es posible hacer reaccionar el Monóxido de Carbono y el vapor con residuos celulósicos bajo la forma de barro conteniendo 85 % de humedad, a temperaturas de 250-400°C y presiones del orden de 200 Kg/cm^2. El resultado es un aceite de fórmula aproximada a $(C_{11}H_{19}O)_N$ y con un contenido energético de aproximadamente 9.600 KCal/Kg. La eficiencia se estima del orden del 50 %. Es un proceso que se encuentra en la etapa de investigación, trabajando con chips de madera que se introducen al reactor bajo la forma de un barro presurizado previamente con Monóxido de Carbono.

* Gasificación.
Consiste en el calentamiento de biomasas en presencia de limitadas cantidades de oxígeno para obtener la máxima producción de Monóxido de Carbono e Hidrógeno (gas de síntesis). Es una tecnología en desarrollo, fundamentalmente en el campo de transformar carbón y residuos municipales en productos gaseosos. La madera también puede ser utilizada como materia prima y el gas producido consiste fundamentalmente en Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono e Hidrógeno y, según el tipo de proceso empleado, cantidades más o menos importantes de Nitrógeno. Se pueden

formar pequeñas cantidades de Metano e hidrocarburos más pesados en una concentración de 2 %.

Se puede usar oxígeno o aire, a presión atmosférica en ambos casos. El proceso se conduce en un horno en contracorriente y la temperatura se mantiene en el orden de los 1.600-1.700°C en la zona de combustión. Todo lo no combustible desciende, generalmente fundido, y la biomasa es degradada a gases, líquidos y alquitranes. Los gases ascienden, precalientan la carga a la vez que se enfrían. El proceso descrito es el PUROX, aplicado en forma bastante generalizada para residuos municipales sólidos.

A partir de los gases generados durante el proceso en la forma descrita y por un adecuado ajuste de su composición por los procesos convencionales, puede pasar a gas de síntesis, a Metanol y a Amoníaco.

* Pirólisis

Es la segunda ruta termoquímica para transformar las biomasas en combustibles, la destrucción térmica se realiza en ausencia de oxígeno, aunque las temperaturas requeridas pueden ser alcanzadas por la combustión de parte de las mismas para lo cuál se requiere oxígeno o aire. Han recibido mayor atención como materias primas los residuos domiciliarios y la madera, dado que un contenido muy superior a 35-40% de humedad compromete el balance energético del proceso. Existen dos procesos empleados a escala comercial:

- la pirólisis flash;
- el proceso Tech-air Corp.

Ambos desarrollados y en aplicación en Estados Unidos.

El primero es utilizado para transformar residuos municipales en aceite combustible. La basura luego de clasificada y eliminación de metales y residuos minerales e inorgánicos, se muele para facilitar la transferencia de calor y en consecuencia la producción de combustible líquido. La pirólisis flash ocurre a 500°C y a un Kg/cm^2 de presión. Se genera un carbón vegetal bajo forma de pequeñas partículas que se separa por ciclón, y se retorna como fuente deenergía al reactor. A través de la trasmisión de calor se evita la degradación optimizando el rendimiento de combustibles líquidos por medio de un corto tiempo de residencia. No obstante, siempre se genera una proporción de gases que se emplean para transportar la alimentación al reactor, quemando el residuo para mantener la temperatura a nivel adecuado. Un resultado típico de este proceso de pirólisis, consiste en:

- 10 % de agua.
- 20 % de residuo carbonoso de 4.540 Kcal/Kg.
- 30 % de gas de 3.600 $Kcal/m^3$.
- 40 % de aceite combustible de aproximadamente 6.000 Kcal/Kg.

Los porcentajes se refieren a base seca de residuos municipales. El combustible líquido es viscoso, de composición compleja y con bajo contenido en azufre.

Cuando se desea obtener un mayor rendimiento en gases y residuo carbonoso, se incrementa la temperatura de operación a 700°C. Las pequeñas partículas sólidas se transforman en briquetas para empleo como combustible sólido.

El proceso Tech-Air Corp., se emplea preferentemente con residuos agrícolas y madera bajo la forma de chips, aserrín, etc. El contenido de agua de la materia prima varía entre 20 y 55 %. El sistema operativo es contínuo con alimentación por gravedad, retiro por la base del carbón, equipos para purificación de gases, separación de líquidos y recirculación. La materia prima es primariamente secada empleando los gases que egresan del reactor y el tiempo de residencia es de 1 hora.

Como en el caso anterior los rendimientos relativos de los productos de pirólisis pueden variarse dentro de cierto límite de acuerdo con las condiciones operativas. Partiendo de madera, datos representativos acusan 23 % de carbón, 25 % de aceites combustibles, 68 % de gases y 33 % de vapor de agua. El exceso de 49 % da cuenta del nitrógeno del aire empleado en la combustión de los gases formados. Desde el punto de vista energético, el carbón y el aceite combustible conservan ambos aproximadamente 35 % de la energía de la alimentación seca, los gases 21,7 %, y el resto 8,3 % son pérdidas. El poder calorífico del carbón es del orden de 6.800 Kcal/Kg., del aceite combustible 6.300 Kcal/Kg., y del gas 1.900 Kcal/m^3.

Hemos presentado con cierto detalle el proceso de pirólisis, por considerarlo muy versátil y en consecuencia capaz de producir una variedad de combustibles a partir de materia prima vegetal con moderado contenido en agua. Los mayores inconvenientes que presenta es que no siempre es posible predecir con rigurosidad las proporciones de cada uno de los productos y que, debido a las altas temperaturas y la complejidad química de los productos es previsible una acción corrosiva sobre las instalaciones, aunque éstas son simples y pueden ser reemplazadas con suma facilidad.

* Combustión directa.

Es un proceso familiar en nuestro medio y bastante extendido. Actualmente muchas industrias tienden a sustituir al fuel-oil por madera, con la cuál se puede llegar a generar vapor de alta presión. Para tal fin, es necesario proceder a su secado hasta un 15%.

Es la utilización más directa de las biomasas forestales principalmente y presenta el inconveniente de su trasporte y almacenamiento y que además, exige modificaciones en el hogar de las calderas a los efectos de permitir el manejo de las cenizas.

Como se tratará en forma específica el uso de la madera como combustible, me remito a esos trabajos que seguramente serán más completos que el que pudiera presentar en este panorama general de nuestra situación.

4) Posibilidades de recursos

Nuestro país presenta forestadas aproximadamente 600.000 Hás., o sea el 3,4 % de su superficie, lo que nos ubica entre los países con menor índice forestal del mundo. El 75 % de esa área forestal está ocupada con especies naturales. Sin embargo el Uruguay posee 1:930.000 Hás. de aptitud forestal (11 % de nuestra superficie). A ello se agrega áreas afectadas por la erosión y afectadas por falta de prácticas de conservación, que podrían ser mejoradas por la implantación forestal.

Para tener una idea de los crecimientos que se verifican en nuestro país con especies forestales, basta comparar con países como Suecia, Finlandia o Noruega, que basan gran parte de su economía en productos forestales. Allí se obtienen crecimientos de 1,7 m. en 10 años; en el nuestro podemos llegar de 2 a 4 m/año con el género eucaliptus.

La forestación no ha sido a nuestro criterio debidamente fomentada en el país, ya que la vigencia durante 10 años de la Ley Forestal únicamente determinó implantaciones forestales en un área de alrededor de 11.000 Hás..

El análisis del balance energético en relación con la producción de biomasas forestales en nuestro país, y la energía que es posible obtener de las mismas, arroja, para el caso fundamentalmente del eucaliptus rendimientos del orden de 280 % respecto al poder calorífico, 191 % si se quema en una caldera generando vapor y, 130% si se genera energía eléctrica trabajando con turbinas de vapor. Sobre esta base y los precios del transporte, energéticamente y para uso de generación de energía eléctrica, podrían realizarse transportes de 170 quilómetros por camión o 350 en ferrocarril.

Tomando en consideración estudios realizados por los técnicos del Programa Valentines - M.T.E., suponiendo una utilización con una eficiencia del 60% de madera de eucaliptus, utilizando únicamente las tierras con aptitud forestal, de uso marginal en ganadería y agricultura, sería posible producir hoy energía suficiente como para sustituir 3 veces el consumo de petróleo importado. Esta afirmación resulta más significativa al considerar, como se expresó anteriormente, la posibilidad de que a través de masas forestales se pueda obtener un perfil de productos semejante al que se obtiene actualmente por el procesamiento del petróleo. Indudablemente, no es posible pasar en forma inmediata de la situación actual a la deseable, especialmente en esta área, pero ya habríaque estar tomando medidas para alcanzar los objetivos que se fijen a través de líneas de acción factibles técnica y económicamente.

8.0 CONCLUSIONES

Lo importante es no demorar más.

Cada país depende de su circunstancia específica para resolver el problema energético, lo que condiciona también las soluciones, aunque aplique tecnologías conocidas.

Hay que determinar, definidas las líneas de acción y priorizadas las alternativas, el uso de los recursos disponibles en la forma más eficaz.

Hay que definir hasta dónde debe participar el Estado y cómo debe motivarse a los privados.

CONSUMO DE ENERGIA EN EL SECTOR AGRICOLA Y SUSTITUCIONES PROBABLES

Ing. Agr. Alberto J. Cotro
Instituto Nacional de Colonización

I. INTRODUCCION

Con motivo del 1er. Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos se elaboró un trabajo en el que se presentaba una 1era. estimación del uso de energía en el Sector Agrícola Uruguayo para el año 1979. La situación de acuerdo a dicha estimación es como sigue:

Item	T cal	%
. Combustible empleado por tractores y cosechadoras	912.6	34.7
. Combustible empleado para riego de arroz y caña de azúcar.	204.1	7.8
. Secado de granos	100.8	3.8
. Fertilizantes	706.9	26.9
. Pesticidas	38.8	1.5
. Depreciación, reparaciones y mantenimiento de maquinaria	664.6	25.3
TOTAL:	2.627,8 Tcal	100.0%

De allí surge claramente que casi un 35% del total de la energía consumida por el sector proviene del combustible empleado por tractores y cosechadoras.

A su vez los tres primeros items, que pueden asimilarse al consumo directo de energía del sector representan un 4% del consumo global directo de energía del país.

Asimismo el requerimiento energético total estimado del sector agrícola sería el 8.7% del consumo global directo energético del Uruguay (el cual fue tomado como 30.31 TK cal).

II. LAS ALTERNATIVAS.

Las alternativas más viables que se le presentan al país, obviamente son de dos tipos.

Por un lado podría disponerse una restricción en el uso de los recursos

más escasos, tales como los relacionados más directamente con los combustibles fósiles, que tan onerosos le resultan al país. Dicha posibilidad que si bien entendemos podría ser considerada y aplicada coyunturalmente, a mediano o largo plazo puede llevar a un estrangulamiento económico aún mayor del que se pretende evitar, aparte de ser discutible su viabilidad desde el punto de vistal social.

Por otro lado, cabe plantearse el uso más racional de los recursos que el país pueda disponer, especialmente los no renovables y los que no lo son más que a largo plazo, ya sean propios o importados.

En este sentido, y con referencia al sector agrícola cabe obviamente plantearse las posibilidades que ofrece, ante la crisis energética, el uso más racional de la maquinaria agrícola, de los fertilizantes, pesticidas, el riego, el transporte, etc., entre otros.

A continuación nos referiremos a algunas de ellas.

III. RACIONALIZACION EN LA UTILIZACION DE LA MAQUINARIA.

III.1. El uso más adecuado de la maquinaria agrícola.

Las 912.6 T cal que se estimó corresponden al consumo de los tractores y cosechadoras equivalen a unos 84.700 m^3 de gasoil o sea aproximadamente un 16.2% del consumo total de gasoil del Uruguay durante 1979. Es sin duda una cifra importante, y más aún si se la relaciona con las producciones obtenidas en el país las cuales son bastante bajas.

En casi todos los países, una consecuencia inmediata del encarecimiento de los combustibles derivados del petróleo ha sido tratar de alguna manera de aplicar sistemas agrícolas que implicaran un menor uso de energía. Asimismo se vieron incrementadas en importancia aquellas formas de utilización de la maquinaria más racionales, así como también el empleo del tipo de maquinaria más adecuada en cada caso.

De este modo surgieron técnicas como el cero laboreo, el laboreo mínimo, las operaciones múltiples, el empleo de maquinaria más grande, etc., todas las cuales apuntan básicamente a disminuir el número de pasadas sobre el terreno y en lo posible a un menor consumo energético. También presentan como ventaja adicional no despreciable la posibilidad de reducir la compactación del suelo y de esa forma disminuir el riesgo de erosión y aumentar el potencial productivo de los suelos.

Se hará también referencia aquí a la posibilidad de contar con el equipo adecuado en tipo y cantidad. El uso multipredial de la maquinaria agrícola ofrece la posibilidad de evitar sobredimensionamientos costosos en el parque de maquinaria. Esto es especialmente válido en el caso de predios más chicos que no toleran alta inversión en equipos y/o no justifican la adquisición de los mismos en virtud del escaso uso anual que le darían, particularmente en el caso de ciertos tipos de máquinas como por ejemplo equipos forrajeros, cosechadoras, etc.

III.2 La selección, operación y mantenimiento de la maquinaria agrícola.

a). Las prácticas de laboreo y el tipo de implemento.

Hoy en día existe una tendencia creciente a la utilización de os tractores agrícolas en funciones de transporte tanto dentro como fuera el predio. No obstante ello, el laboreo del suelo es la función que indivi ualmente consume más energía.

Estudios llevados a cabo en el Reino Unido para analizar la ener- ía usada en operaciones de laboreo, incluyendo la siembra, para todos los ultivos de ese país, mostraron que la energía realmente utilizada a nivel el implemento era sólo el 17% de la disponible en los tractores. El 83% estante se perdía debido a la ineficiencia de los motores de combustión in- erna, a las pérdidas en la transmisión y a las pérdidas de tracción. No ay razón para pensar que la situación nuestra sea distinta, y además esto a una clara idea de los desafíos que aún quedan por delante en el proceso e hacer más eficiente la agricultura.

- El laboreo primario tradicional requiere hasta el 75% del total de la energía insumida hasta la siembra, y, de acuerdo al tipo de implemento empleado para el laboreo primario, el total de la energía requerida puede variar hasta en un 100%.

- Reducciones de la energía necesaria del orden de hasta 5 a 1 (aunque usualmente 2 a 1) pueden obtenerse empleando siembra directa y laboreo mínimo en lugar del laboreo tradicional. Se puede reducir aún más la potencia requerida a nivel del tractor mediante el empleo de herramientas para toma de fuerza en vez de las de tipo común, ya que así se reducen las pérdidas de tracción a nivel de las ruedas motrices y, al emplearse un tractor más liviano puede haber otras ventajas, por ejemplo: menor compactación, menor costo de adquisición, etc.

El empleo de implementos movidos por toma de fuerza conjuntamente con el uso de implementos combinados detrás de un mismo tractor puede ayudar a reducir sensiblemente los requerimientos energéticos, y por lo tanto los costos de preparación de la tierra.

El uso de la energía en el laboreo es aproximadamente proporcional a la profundidad de trabajo en el caso del arado de rejas. A una profundidad similar de trabajo implementos con púas o dientes requieren menor potencia que el arado de rejas. Esto es debido a que hay un menor movimiento e inversión del suelo, así como una menor área de fricción entre el suelo y la herra nienta.

Pero más allá de las pérdidas de índole puramente mecánicas que se mencionan, muchas veces se gasta energía para mover y fraccionar el suelo en un proceso que finalmente dista mucho de ser el ideal desde el punto de vista de la planta y del propio suelo.

De manera que en esto también hay mucho margen para mejorar.

Aparte de la aplicación de técnicas actualmente disponibles para reducir los requerimientos energéticos del laboreo, en los próximos años se hará posiblemente extensivo el empleo de nuevas técnicas y equipos, como por ejemplo el desarrollo de equipos de siembra que no empleen el tractor, etc.

Desde ya conviene aclarar que la aplicación exitosa de muchas sino todas estas nuevas prácticas, requiere básicamente dos cosas a nuestro entender fundamentales: una investigación adecuada de su adaptación al clima y suelos del país debiéndose introducirles aquellas modificaciones que resulten imprescindibles, y además un manejo mucho más cuidadoso por parte del productor de los demás aspectos del cultivo.

b). La selección y operación adecuada del tractor.

Es importante emplear tractores de tamaño adecuado. Así la tendencia a emplear tractores cada vez más grandes no se ha visto acompañada por un incremento del trabajo realizado en igual proporción. En parte esto se debe a la menor eficiencia de tracción de los grandes tractores, y en parte también a que los operadores no pueden conducir estos tractores a velocidades tan altas como lo permitiría la potencia de los motores, ya sea por limitación de los implementos, falta de hábito o por el disconfort que producen esas velocidades.

El desarrollo de ciertos modelos de simulación por computadora aplicados al laboreo de suelos parece indicar que el empleo de técnicas de laboreo reducido y siembra directa sería más eficiente con tractores de 50-80 Kw, debiendo estos tractores estar equipados con cubiertas especiales de baja presión para evitar problemas de compactación.

Otro aspecto que ofrece ventajas indudables, es al conducir un tractor, el seleccionar un cambio que permita operar al motor cerca de su máximo torque permitiendo reducir las revoluciones del motor lo necesario. De este modo pueden lograrse ahorros del combustible de hasta un 10%.

c). El mantenimiento adecuado de la maquinaria agrícola.

Este es un aspecto generalmente dejado de lado por la mayoría de los productores, y sin embargo es muy importante para el ahorro de energía, especialmente en el caso de los motores diesel. Los puntos críticos en estos son: la bomba de inyección, los inyectores, los filtros de aire, de combustible y de aceite, el sistema de refrigeración y el empleo de un aceite adecuado. Poniendo atención a estos aspectos pueden obtenerse ahorros de hasta un 15% del combustible.

Un 15% adicional puede ahorrarse eligiendo el implemento adecuado, el cambio adecuado y la posición más correcta del acelerador para cada trabajo, usando el tipo y tamaño adecuado de cubiertas, la presión correcta y la cantidad adecuada de contrapesos.

III.3. La sustitución del gasoil en el secado de granos.

De las 100.8 Tcal que se estimó se consumen en el país en el secado de granos, aproximadamente un 93% provienen del consumo de algún tipo de energía, principalmente gasoil o en algunos casos leña, para la producción de aire caliente y equivalen a unos 8.700 m^3 de gasoil.

El 7% restante es energía eléctrica requerida para mover ventiladores y también en algunos casos descargar el grano de la secadora.

Estas son cifras promedio, que incluyen sólo cinco tipos de secadoras de las que hay en el país, y que además varían de acuerdo al tipo de grano a secar, porcentaje de materias extrañas que posea, del porcentaje de humedad de que se parte y al que se quiera llegar, y de las condiciones atmosféricas. Se llegó a las mismas considerando que se secan del 10 al 12% de los cultivos de invierno, del 60 al 70% de los cultivos de verano y la totalidad del arroz.

En realidad en los últimos años la tendencia es creciente. Por diversos motivos tales como condiciones climáticas, variedades, la necesidad de adelantar la cosecha para escapar al ataque de plagas y la necesidad de disponer del suelo con antelación para otros usos. Por ello es probable que las cifras manejadas sean más bien conservadoras.

El impacto de la crisis energética ha llevado a plantearse la posibilidad de la sustitución de la totalidad del gasoil empleado en los quemadores de las secadoras por otras fuentes energéticas. Lo tradicional había sido, por ejemplo, en el caso de las secadoras de arroz, el empleo de leña. Sin duda, actualmente la mayoría de las secadoras utilizadas en las arroceras emplean nuevamente leña como fuente de calor o lo harán a corto plazo. Sin descontar la posibilidad de quemar otros productos como paja por ejemplo, se planteó la duda, en algunos sectores, sobre si era viable el empleo de leña en el secado de los otros granos y si habría leña suficiente.

Estudios preliminares (que serán profundizados en el correr de los próximos dos años de disponerse de los fondos necesarios), indican que es factible la transformación de la mayoría de los modelos de secadoras existentes en el país para trabajar a leña, y a un costo no superior a los U$S 1.000 por unidad.

Desde el punto de vista técnico es relativamente sencilla la construcción del horno para quemar leña.

La elección de la leña para sustituir al gasoil se entiende como lógica en base a que tiene una relación costo, calorías producidas, volumen favorable dentro de un radio de 150 Kms., en comparación con, por ejemplo, la paja de cereales y el carbón vegetal. Además se entiende que es más simple y económico quemar directamente trozos de ramas y troncos que hacer el chipeo y/o posterior briqueteado.

Si por ejemplo, se considera un poder calórico de la leña seca de 1 a 3 con relación al gasoil, o sea 3 Kgs. de leña seca por cada litro de gasoil, en el caso de una secadora grande con un consumo de 80 lts. de gasoil/hora, el equivalente en leña al cabo de 24 horas de trabajo será a lo sumo de 6.000 Kgs.

Considerando un precio de N$ 4.45/lt. y N$ 500/ton. para el gasoil y la leña respectivamente, más N$ 30/Hora de mano de obra adicional para el caso de un horno a leña, se tiene que el costo por hora es 2.45 veces más barato empleando leña como fuente calórica para el secado de granos. De manera que no sólo se ahorraría la quema del gasoil sino que además se abaratería considerablemente el proceso de secado.

Para abastecer las necesidades de una secadora de este tipo trabajando 24 horas al día durante dos meses, se requiere unas 360 toneladas de leña o sea algo menos de la producción de 3.5 Hás. de un monte plantado especialmente para la producción de leña al cabo de ocho años.

Si se considera la totalidad de grano secado en el país, será necesario cada año el equivalente a la producción de 240 Hás., al cabo de ocho años, de forma que alcanzaría plantar unas 2.000 Hás., para abastecer las secadoras. De esta forma se podrá destinar el gasoil a aquellos usos donde la sustitución por otros combustibles es menos factible.

Por otro lado existe la posibilidad de disminuir la energía total requerida para el secado de granos usando por ejemplo, el proceso denominado Secado-Aireación, el cual está poco difundido en nuestro medio.

Otro aspecto que conviene considerar con respecto al secado de granos es la posibilidad de no secar.

Como contrapartida al mayor costo mejor calidad y conservación del grano seco, se tiene una menor producción de grano y de menor calidad, pero también el ahorro del flete de transportar unas 21.400 toneladas de agua sólo para cultivos de invierno y de verano excluído el arroz.

Seguramente esta alternativa requerirá variedades especiales, el empleo de pre-limpiadoras a nivel de chacra, existiendo también la posibilidad del empleo de productos químicos que actúan como desecantes.

También se entiende que no debe dejarse de lado estudiar cabalmente la posibilidad del empleo de la energía solar térmica para el secado de granos. Ya hay trabajos al respecto en varios países, que sugieren no descartar en modo alguno esta alternativa, la cual al menos podría dar una solución de tipo complementario disminuyendo el consumo de combustibles en el secado.

IV. CONCLUSIONES.

Resumiendo entonces lo manifestado, se entiende que ante la crisis energética el sector agrícola uruguayo tiene una serie de alternativas a encarar que le permitirán reducir el consumo de los derivados del petróleo sin comprometer su capacidad de producción. Ellas vienen dadas fundamentalmente por:

- el empleo de equipo agrícola de forma tal que se hagan el mínimo de operaciones posibles, especialmente las de laboreo.

- la adquisición sólo de aquellos equipos necesarios y adecuados, de manera que no haya sobredimensionamiento del parque.

- efectuar la operación y mantenimiento preventivo de los equipos en la forma más correcta posible.

Estos tres puntos de ser llevados a cabo adecuadamente permitirán un ahorro de energía no despreciable, que puede estimarse entre un 10 y 15% del consumo actual como mínimo, dependiendo de los casos (o sea entre 8.470 y 12.700 m^3 de gasoil). Por otro lado, está la sustitución del gasoil por leña en los quemadores de las secadoras de grano, lo que puede permitir un ahorro de otros 8.700 m^3 de gasoil. Todas estas cifras son sin duda nada despreciables, pero además está la posibilidad de emplear energía solar, secar menos, emplear secado-aireación o no secar.

Los puntos aquí mencionados, por supuesto, requieren un análisis urgente y más profundo, pero creemos firmemente que al final surgirán del estudio de los mismos soluciones útiles para aliviar sensiblemente la situación energética del país.

SISTEMAS DE CULTIVOS AGROENERGETICOS

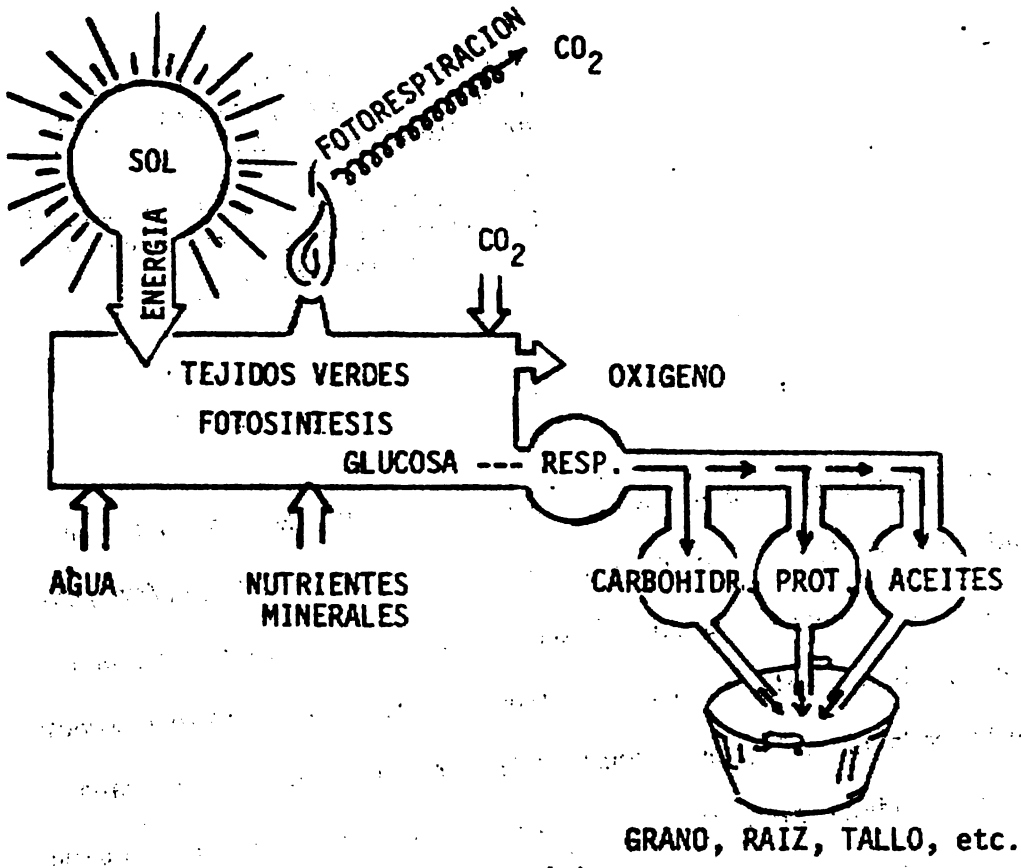
Ing.Agr. Javier Aznarez
Remolacheras y Azucareras
del Uruguay S.A.

Ing.Agr. Ernesto Beltramini
Remolacheras y Azucareras
del Uruguay S.A.

Por su ubicación geográfica, el Uruguay recibe del sol una cantidad de energía que en promedio es del orden de 400 cal/cm^2/día. Algo de esta energía es absorbida por el suelo como calor, una parte muy importante se usa en evaporar agua, una cantidad menor transformada en calor es transferida por convexión en las capas de aire próximas al suelo. Finalmente, una fracción muy pequeña, pero extremadamente importante de energía solar, del orden del 1 a 2 porciento, puede ser capturada por las plantas y convertida en energía química a través del proceso de la fotosíntesis.

De esta manera, los vegetales utilizando algunos insumos tales como agua, nutrientes minerales y anhídrido carbónico pueden asemejarse a fábricas de conversión de energía solar en energía química almacenada.

Figura 1: La Fábrica Vegetal



Adaptado de Richard R. Johnson (7)

Los tejidos verdes captan la energía solar y producen azúcares tales como glucosa. Estos azúcares intervienen en la cadena respiratoria para dar lugar a la formación de carbohidratos, proteínas y aceites que finalmente se almacenan en los órganos de reserva.

Concepción Agrícola Clásica

En el esquema clásico de producción agrícola, los sistemas fueron encarados estableciendo secuencias de cultivos, de manera de obtener para una situación dada de suelos y clima la más eficiente extracción

de alimento humano, alimento animal, fibras etc., manteniendo inalterada en el largo plazo la productividad del recurso suelo. Hemos desarrollado entonces sistemas de cultivos, donde los vegetales actuaban como verdaderos captadores de energía solar para transformarla generalmente en energía de alto valor biológico.

Esa agricultura tradicional no fue necesariamente eficiente en la transformación de energía solar en energía química, e incluso desde un punto de vista puramente energético en muchos casos el balance daría negativo, dado los relativamente altos consumos de energía en forma de fertilizantes, combustibles, etc., requeridos para la producción.

La creciente escasez y encarecimiento de los combustibles fósiles condujo en los últimos tiempos a incrementar los esfuerzos tendientes a lograr una conversión eficiente de energía solar en otros tipos de energía, similar y sustitutivos de los derivados del petróleo.

Concepción Energética de la Agricultura

Es como consecuencia del proceso fotoquímico de la fotosíntesis que la producción vegetal puede considerarse uno de los instrumentos más adecuados que posee el hombre para proveerse de además de alimentos y fibras, de combustibles. Esta nueva concepción de la producción agrícola deberá necesariamente ser acompañada por una modificación de los sistemas de cultivos en aquellas situaciones donde sea posible, de manera de hacer compatible la producción de alimentos y/o

fibras, con materias primas para la extracción de combustibles. El sistema deberá ser eficiente en términos de energía y cumplir con los principios básicos de conservación del suelo manteniendo en equilibrio a largo plazo su productividad, a efectos de poder considerar a la energía agrícola como un recurso renovable.

Se han evaluado con fines energéticos un gran número de cultivos, siendo la misma generalmente a través de balances energéticos (1, 3, 6, 8, 12). De la comparación de tales balances se pretende determinar el o los cultivos más adecuados para producción de energía. Este tipo de evaluación tiene sentido en cultivos perennes o de larga duración pero su validez es relativa cuando se trata de cultivos anuales. En primer lugar porque en general el monocultivo es una práctica que no cumple con los principios básicos de producción vegetal y en segundo lugar porque debemos considerar las características particulares de los diferentes cultivos para adaptarse a cada sistema de producción. Por ejemplo, puede haber un cultivo más eficiente que otro evaluado aisladamente desde el punto de vista energético, pero que integrado a un sistema, presente desventajas analizado globalmente. En este sentido las leguminosas y cultivos tales como la remolacha azucarera, presentan ventajas dentro de un sistema que pueden no manifestarse en una evaluación individual.

Para las condiciones de nuestro país fueron calculados los balances energéticos de los cultivos de sorgo azucarado y remolacha azucarera (1,6), siendo la relación producción/consumo en términos de energía de 4,13 y 1,63 respectivamente. Estas relaciones se podrían hacer

aún más favorables si se lograse disminuir el consumo de energía requerido por estos cultivos a nivel de su producción agrícola. En el Cuadro 1 se presenta un resumen del consumo energético para producir sorgo azucarado y remolacha azucarera.

Cuadro 1: Consumo de Energía para la Producción de los Cultivos de Remolacha Azucarera y Sorgo Azucarado

Insumos	Remolacha Azucarera			Sorgo Azucarado		
	Kg ó Lt/Há.	Mcal/Há.	%	Kg ó Lt/Há.	Mcal/Há.	%
Fertilizante	150	2.851,5	57,82	80	1.520,8	55,58
	160	536,0	10,87	60	203,0	6,82
	40	77,2	1,57			
Semilla	3	6,6	0,13	10	18,0	0,61
Agroquímicos	3,8	90,9	1,84	1,5	35,9	1,22
Combustible	78,9	850,5	17,25	67,6	728,4	24,70
Maquinaria		518,8	10,52		444,3	15,07
TOTAL		4.931,5	100,00		2.948,4	100,00

En el Cuadro 1 se observa que el fertilizante nitrogenado representa un 57,82 y 55,58 porciento del consumo total de energía para remolacha y sorgo respectivamente en tanto que combustible y maquinaria son responsables del 27,77 y 39,77 porciento del consumo de energía para los mismos cultivos. Existe en ambos casos la posibilidad

de disminuir el nivel de aplicación de fertilizante nitrogenado a través de la inclusión en el sistema de cultivos de leguminosas capaces de suministrar el nitrógeno requerido, y de adoptar prácticas de laboreo reducido o mínimo laboreo para disminuir el consumo de energía por un menor uso de combustible y maquinaria.

Sistemas de Cultivos con Producción de Alimentos y Energía

Actualmente, en el sur de nuestro país, en el área de influencia de RAUSA se está llevando a cabo un sistema de cultivos que consiste en: remolacha azucarera, trigo con pradera mixta consociada y dos años de pradera - (R, Tp, P, P). Esta rotación consiste en un año de cultivo carpido, un año de cultivo denso y dos años de pradera con leguminosas, cumple con los objetivos de la agricultura tradicional de producción de alimento humano y animal, manteniendo en el largo plazo en equilibrio las propiedades físicas y químicas del suelo.

En aproximadamente un 30% de la superficie destinada a esta rotación, la remolacha se cosecha temprano quedando el suelo descubierto e improductivo durante todo el verano. Esta situación es muy adecuada para desarrollar un sistema que además de producir alimentos produzca energía y para demostrar como a través del análisis del sistema de producción en su conjunto, pueden lograrse menores consumos totales de energía, que los que se obtendrían en análisis parciales de cada cultivo.

La idea básica es aprovechar la elevada radicación solar de los meses de verano con un cultivo energético. En este caso particular, el sorgo azucarado aparece como muy apropiado para ser intercalado en esta rotación, y aprovechar a través de su sistema fotosintético muy eficiente la energía del sol y convertirla en azúcares almacenados en sus tallos que servirán como materia prima para la obtención de etanol.

En este sistema, las leguminosas de la pradera suministran gran parte del nitrógeno a ser utilizado por los cultivos que la siguen en la rotación, especialmente la remolacha y el sorgo azucarado. Resultados obtenidos en una serie de experimentos realizados en RAUSA (2) muestran que luego de una pradera con leguminosas bien establecidas, la remolacha azucarera no responde a la aplicación de fertilizantes nitrogenados. En la guía de fertilización de cultivos (10) también se recomiendan niveles de aplicación de nitrógeno sensiblemente menores en el cultivo de remolacha posterior a praderas con leguminosas.

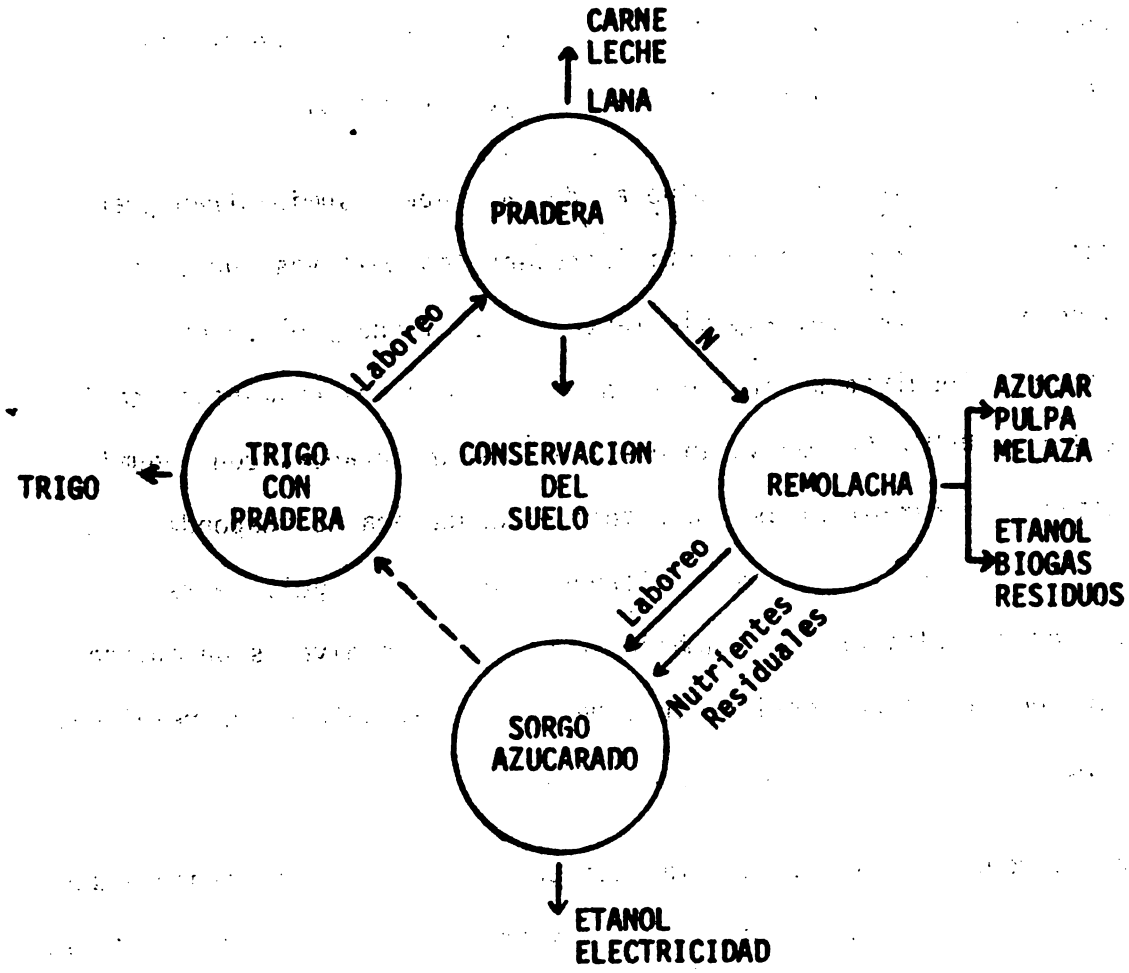
El nitrógeno absorbido por la raíz de remolacha y trasladado a sus hojas, es devuelto en su casi totalidad al suelo en forma de materia orgánica de rápida descomposición. Este nutriente es inmediatamente aprovechado por el cultivo de sorgo que se siembra a continuación.

El sorgo azucarado además de utilizar los nutrientes residuales dejados por la remolacha, tendrá para su instalación menores consumos de energía en combustibles y maquinaria, dado la facilidad con que se prepara el suelo luego de las operaciones de cosecha de la raíz de

remolacha.

De acuerdo a las pautas mencionadas, el sistema quedaría definido de la siguiente forma: Remolacha azucarera, sorgo azucarado (como doble cultivo), trigo con pradera consociada y dos años de pradera en régimen de pastoreo (R (S), Tp, P, P). De esta manera se obtienen tres cosechas en dos años y se implanta la pradera sin laboreo. La Figura 2 resume la secuencia de cultivos, las interrelaciones entre los mismos y el tipo de producto que se obtiene.

Figura 2. Sistema de Cultivos R (S), Tp, P, P



El consumo de energía de la rotación en su conjunto se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Consumo de Energía Requerido en la Producción del Sistema de Cultivos R (S), Tp, P, P

	C U L T I V O S									
	AÑO I				AÑO II		AÑO III IV			
	Remolacha		Sorgo		Trigo-P		Pradera		Total	
Insumos	Kg/Há	Mcal/Há	Kg/Há	Mcal/Há	Kg/Há	Mcal/Há	Kg/Há	Mcal/Há	Kg/Há	Mcal/Há
Fertilizante N	40	760,4	0		40	760,4	0		80	1520,8
P_2O_5	160	536,0	0		0		42	140,7	202	676,7
K_2O	40	77,2	0		0		0		40	77,2
Semilla	3	6,6	10	18,0	120	154,0			133	178,6
Agroquímicos	3,8	90,9	1,5	35,9					5,3	126,8
Combustible	78,9	850,5	38,8	418,3	42,0	452,8	17,3	186,5	177	1908,1
Maquinaria		518,8		255,1		276,2		113,8		1163,9
		2840,4		727,3		1643,4		441,0		5652,1
Producción	30 TM de Raíz, 40 TM de Caña de Sorgo, 1,5 TM Grano, 600 Kg. Carne.									

La energía contenida en los fertilizantes de acuerdo a Lewis y Thatchell (9), de los agroquímiocs de Ortmaier y Thoma (11), para el combustible (gas-oil), se incluye el consumo de energía durante el refinado, Clark y Johnson (4). El contenido energético de la semilla es estimado en función de lo que se insume producirla y procesarla, y el costo de fabricación de maquinaria se estima en función del gasto de combustible (5).

Los datos de producción son los que promedialmente obtiene la empresa RAUSA para remolacha azucarera, trigo y carne. El rendimiento de sorgo azucarado según estimaciones de Fariello (6).

Cada 4 hectáreas de la rotación se consumen 5652,1 Mcal, siendo los consumos de los cultivos de remolacha azucarera y de sorgo azucarado de 2840,4 y 727,3 Mcal/Há. respectivamente. Si se comparan estos consumos con los requeridos cuando se analizaban los cultivos por separado (4931,5 y 2948,4 Mcal/Há.) para remolacha y sorgo respectivamente), se observa una sensible disminución en la energía utilizada para la producción de los cultivos en la rotación.

La rotación aquí considerada es, por otra parte, sumamente flexible, dado que la remolacha azucarera, el trigo y la pradera pueden ser destinados a la producción de alimentos, y el sorgo azucarado a la producción de energía (alcohol), con lo que tendríamos un sistema de producción equilibrado (alimentos-energía); de ser necesario puede transformarse en un sistema de producción fundamentalmente energético, ya que la remolacha azucarera también puede ser usada como materia prima para la obtención de alcohol y lo mismo podría suceder con el grano del cereal de invierno. Obviamente las opciones intermedias también son posibles.

Balance Energético del Sistema

Se considerará a la remolacha azucarera, trigo y pradera como productores de alimento y al sorgo azucarado como cultivo energético. Los cultivos energéticos deben cumplir con la premisa básica de tener balances positivos.

En el Cuadro 3 se presenta el balance energético del sorgo azucarado.

Cuadro 3. Balance Energético para la Producción de Alcohol con Sorgo Azucarado

Consumo Energético		Mcal/Há.	%
Agrícola		727,3	45,75
Transporte		862,4	54,25
	Total	1589,7	100,00
Industrial (2640 Lt. de Etanol)		7920,0	498,21
Suministro en Bagazo (6092 Kg)		-7920,0	-498,21
	Total	0,0	0,00
Consumo Energético Total		1589,7	100,00
Producción Energética			
2460 Lt. de Etanol		13886,4	873,52
Bagazo sobrante 3908 Kg (36,8% Efic.)		1869,6	
Producción Energética Total		15756,0	991,13

Se consideró: Transporte 2 lt. de gas-oil/TM. Se obtienen 250 Kg de bagazo/TM de caña con un contenido calórico de 1300 Kcal/Kg.

En estas condiciones, del sorgo azucarado se obtendrían 8,76 unidades de energía en forma de etanol ó 9,91 unidades de energía en forma de etanol más electricidad, por cada unidad de energía consumida para su producción. Es decir, el balance energético de este cultivo en particular es netamente positivo.

Es interesante comparar este balance con el realizado considerando al sorgo azucarado como cultivo aislado, como se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Balance Energético del Sorgo Azucarado como Cultivo Aislado y dentro de un Sistema

	Consumo Mcal/Há	Producción Mcal/Há	Balance Prod/Cons.	%
Sorgo como cultivo aislado	3810,8	15756,0	4,13	100
Sorgo dentro del sistema	1589,7	15756,0	9,91	240

Vemos como al considerar al sorgo azucarado integrado a un sistema su balance mejora en términos relativos un 240%.

Si consideramos el sistema de cultivos en su conjunto podemos realizar el siguiente balance, como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Balance del Sistema R (S), Tp, P, P.

	Mcal/4 Há.	Kg/4Há.
Consumo Energético		
Agrícola	5652,1	
Transporte materia prima c/fines energét.	862,4	
Total	6514,5	
Producción de alimentos o materias primas para la elaboración de alimentos		
Remolacha Azucarera		30000
Trigo		1500
Carne		600
Producción Energética		
2460 Lt. de Etanol	13886,4	
Electricidad (bagazo)	1869,6	
Total	15756,0	

Nota: no se considera el consumo de energía para el transporte de los productos alimenticios ni el consumo industrial para la elaboración de los mismos.

De este modo el sorgo aporta 2,42 veces más energía de la que se consumió en todo el sistema de producción y además por cada 4 hás. se produjeron 30000 Kg de raíz de remolacha azucarera, valiosa materia prima para la obtención de azúcar y subproductos de alto valor en alimentación animal, 1500 Kg. de grano de trigo y 600 Kg de carne.

Conclusiones

La agricultura es una de las más antiguas industrias de captación de energía solar para su conversión en energía química. Tradicionalmente el hombre ha desarrollado sistemas de cultivos que le permitieran extraer más o menos eficientemente esa energía en forma de alimentos. La nueva situación energética a la que se ve enfrentado, hará necesario encarar los sistemas de cultivos de modo de utilizar a la energía solar con mayor eficiencia para la obtención de alimentos y combustibles.

El sistema de cultivos desarrollado en el presente trabajo tiene como objetivo fundamental servir de ejemplo a lo que entendemos debe ser el modo de pensar en el diseño de sistemas de producción, en especial para países como el nuestro.

En el ejemplo presentado se produce en forma de energía de alto nivel (etanol y electricidad), más del doble de la energía consumida en todo el sistema, sin disminuir básicamente la producción de alimentos de un sistema tradicional.

La investigación agrícola deberá encarar el estudio de sistemas de manera de adecuar los actuales esquemas de producción frente al problema energético.

BIBLIOGRAFIA

1. Beltramini, E., 1980 — Remolacha como Cultivo Energético. Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Set.1980, Montevideo.

2. Beltramini, E., 1977 — Resumen de Dos Años de Experimentación en Fertilización de Remolacha Azucarera. RAUSA

3. Brown, L., 1980 — Food or Fuel: New Competition for the World's Cropland. Worldwatch Paper 35.

4. Clark, S.J., and Johnson, W.H., 1974 — Evaluating Crop Production Systems by Energy Used. Society of Automotive Engineers. Paper 740647. Sept 1974.

5. F.A.O., 1980 — Distribución de la Energía Comercial para la Fabricación y Funcionamiento de Maquinaria Agrícola 1972/73 (%). En Información Estadística Respecto a Agroenergía. Oficina IICA en Uruguay.

6. Fariello, R., 1980 — Sorgo Azucarado como Cultivo Energético. Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica. Set. 1980, Montevideo.

7. Johnson, R., 1980 — How High Can Yields Go? Crops and Soils Magazine. Aug-Sept. 1980. Am.Soc.Agr. Publication.

8. Krochta, J.M., 1980 — Energy Analysis for Ethanol. California Agriculture, June 1980.

9. Lewis, D.A. et Tatchell, J.A., 1978 — Role de l'Energie des Engrais dans la Production Agricole. Phosphore et Agriculture 74: 1-13. En Bulletin d'Information XIV (2): 64-66, IBAB, Tienen, Belgique.

10. Ondri, N., Castro, J. L., Doti, R., y de Carbonell, A.S., 1976 — Guía para Fertilización de Cultivos. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" MAP, Uruguay.

11. Ortmaier, E. and Thoma, H., 1979 — Les Bilans Energétiques et Couts de l'Energie

Bibliografía (Continuación)

dans Differentes Cultures. D. Zuckerrübenzeitung (15) 5:15. En Bulletin d'Information XIV (10): 70-72, IBAB, Tienen, Belgique.

12. Sachs, R.M., 1980 Crop Feedstocks for Fuel Alcohol Production. California Agriculture, June 1980.

PERSPECTIVAS DE LA AGROENERGIA EN URUGUAY

Ing.Agr. Carlos A. Peixoto
Oficina de Programación y Política Agropecuaria

I. INTRODUCCION

Uno de los hechos más característicos de la década de los setenta a nivel mundial lo fue sin duda la llamada crisis energética, es decir la situación que se vivió a fines de 1973 y comienzos de 1974 con el embargo del petróleo árabe contra Estados Unidos y Holanda y el importante aumento del precio del crudo decretado por la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo).

A partir de ese momento el mundo occidental toma conciencia no sólo de la dependencia extrema que existía respecto del petróleo como fuente de energía, sino también de que en el futuro nunca más se iba a contar con una fuente energética de bajo costo, y que ese recurso iba a ser cada vez más escaso.

El impacto del incremento de los precios del crudo - agravado por la acción en el mercado de las siete principales compañías petroleras multinacionales 1/, que a partir de ese momento vieron multiplicar sus ganancias en forma impresionante - si bien afectó profundamente a las naciones desarrolladas, se hizo sentir con mucha mayor intensidad en el mundo en desarrollo, que se enfrentó no sólo a la suba del petróleo sino también al encarecimiento generalizado de los bienes manufacturados provenientes de los países industrializados, mientras los precios de las materias primas por ellos producidas se mantenían relativamente invariados.

Esa ha sido la situación enfrentada por el Uruguay, que ha visto crecer en progresión geométrica sus gastos de divisas por importaciones del crudo, mientras los precios de sus principales productos de exportación no han variado sustancialmente.

1/ Conocidas como "Las siete hermanas": Exxon, Mobil, Texaco, Socal, Gulf, Shell y British Petroleum.

A título de ejemplo, a comienzos de la década del setenta las importaciones de petróleo significaban en promedio el 14 por ciento de las exportaciones totales del país, y el 20 por ciento de las exportaciones de carne y lana; en 1979, dichos porcentajes se situaban en el 29 y el 104 por ciento respectivamente, mientras que en el primer semestre de 1980 las compras de petróleo representaron más del 60 por ciento de las ventas del país al exterior.

Si bien luego de la suba de 1973/74 - que cuadruplicó el precio del petróleo a nivel mundial - las subas posteriores a lo largo de la década se limitaron a acompañar el ritmo inflacionario, las perspectivas en la actualidad no son nada alentadoras : por un lado, el control de su producción por parte de los principales exportadores de petróleo debido a las perspectivas de una sostenida disminución de las reservas mundiales en los próximos 20 o 30 años, y por otro lado el incremento constante dela demanda del crudo, acelerado por el hecho de que la producción estadounidense alcanzó su pico máximo en 1970 y luego comenzó a declinar 1/, (por lo que creó una demanda adicional en el mercado mundial), permiten predecir que en el futuro los precios del petróleo crecerán en forma más acelerada, y que de todos modos en pocos años más la demanda global del crudo no podrá ser satisfecha con esos niveles de producción.

Los países industrializados fundamentaron en el pasado su desarrollo en modelos caracterizados por el gasto intensivo de energía, para lo que se emplearon combustibles fósiles no renovables. Para

---

1/ "Para 1965 el consumo de petróleo empezó a exceder la capacidad de producción nacional. Para 1970 las importaciones totales fueron el 23 por ciento del consumo de los EE.UU.; para 1975 constituían el 37 por ciento y en 1977 alcanzaban casi el 50 por ciento"("Perspectivas del Petróleo y el Gas en los E.U.A. hasta el año 2010". Informe del Consejo Nacional de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias de los E.U.A.).

tener una idea de la magnitud del consumo en la segunda mitad del siglo XX, basta señalar que en los últimos 20 años el mundo consumió más energía que durante toda la historia de la humanidad. Ante esta situación, la humanidad debe intentar una planificación más real de su modelo energético, considerando soluciones más permanentes.

La solución habrá que buscarla forzosamente en otras fuentes de energía diferentes del petróleo. En este sentido, la situación es mucho más apremiante para las naciones en desarrollo, no sólo por el doble efecto ya mencionado que tiene sobre sus importaciones el incremento de los precios del petróleo - en forma directa e indirectamente a través del encarecimiento de los productos manufacturados - sino también porque frente a una oferta restringida del crudo a nivel mundial, los países industrializados tendrán mayor poder negociador y una posición ventajosa a lahora de decidir hacia dónde se canaliza el petróleo proveniente de los países exportadores. Es decir que la búsqueda de otras fuentes es también un problema de independencia y de seguridad nacional a nivel de cada país.

En materia de fuentes alternativas de energía, existen varias posibles, aunque ninguna reúne todas las ventajas del petróleo. Muchas de ellas han sido ya probadas y utilizadas durante largos períodos; para otras, su utilización en gran escala es aún una posibilidad de futuro, futuro a su vez más o menos cercano, según las fuentes y los países considerados.

Lógicamente, sólo las fuentes renovables de energía podrán asegurar al mundo su marcha hacia un desarrollo armónico en el futuro, por lo que resulta imperioso investigar y explotar dichas fuentes. Mientras sean investigadas alternativas más sofisticadas como fuentes de energía renovable y estén en condiciones de ser explotadas, al presente la fuente más viable a corto y mediano plazo lo constituye la energía proveniente de la biomasa, designándose con ese nombre a la masa (peso) de la sustancia viva de un organismo, comunidad o población y cuyo contenido energético deriva en último término de la actividad fotosintética de los vegetales verdes. 1/

1/ Muchas veces por comodidad se incluyen entre las fuentes de biomasa los residuos vegetales y animales, lo cual no resulta correcto teniendo en cuenta el significado exacto del término.

La energía de la biomasa es fácilmente utilizable por el hombre.

A nivel mundial la utilización de la energía de la biomasa (fundamentalmente la que proviene de biomasa de cultivos vegetales) tropieza con el inconveniente de la competencia que se plantea por el uso de recursos con la producción de alimentos. Es decir, la utilización de recursos que podrían producir alimentos, o directamente la utilización de alimentos para producir energía, no parece moralmente muy defendible en un mundo cada vez más hambriento, y cuando el mayor gasto de energía lo hacen las naciones industrializadas, en buena parte a través de consumos perfectamente prescindibles o limitables.

Lo anterior, que no deja de ser un problema a escala mundial y que ya ha comenzado a suscitar controversias en foros internacionales, no se aplica en lo inmediato para el caso del Uruguay; el país se halla en una situación ventajosa para la utilización de energía proveniente de biomasa de cultivos vegetales, teniendo en cuenta su dotación de tierras aptas para la agricultura o la forestación que hoy en día no se aprovechan en esos usos, y que por tanto no competirían con la producción de alimentos para su población. A título de ejemplo, basta señalar que la sustitución de la totalidad de la nafta que hoy se consume en el país se podría lograr con una superficie de 150.000 hectáreas dedicadas al cultivo del sorgo azucarado (el 6,0 por ciento de la superficie cultivable anualmente en el país), y que la sustitución de todo el gas oil podría lograrse con 800.000 hectáreas dedicadas a cultivos oleaginosos (algo más del 30,0 por ciento del área cultivable anualmente). Asimismo, si se estima que por hectárea de bosque y por año se pueden sustituir 4 toneladas de fuel óil, el consumo actual requeriría unas 250.000 hectáreas de bosques, lo que significa menos del 15 por ciento de los suelos de mejor

aptitud forestal del país; por último, teniendo en cuenta que un bovino adulto puede generar aproximadamente 385 m^3 de "biogas" al año por biodegradación de sus residuos, y considerando que un metro cúbico de este gas combustible (50/70% de metano) tiene un poder calorífico equivalente a 0,500 kgs. de fuel oil, el stock ganadero del país tiene una producción potencial de gas equivalente al doble de las necesidades de fuel oil del país.

Evidentemente la recolección de la totalidad de estos residuos es algo imposible, pero a nivel de las explotaciones que practican lechería comercial, por ejemplo, la recolección sería bastante más sencilla; los 600.000 vacunos que se encuentran en establecimientos dedicados a lechería comercial tienen una producción potencial de gas que excede largamente al consumo de gas licuado y de gas de ciudad en el país.

Se puede concluir entonces que resultaría factible la sustitución de casi la totalidad de los derivados del petróleo a través de la utilización de la agroenergía en el caso del Uruguay, sin que ello resulte en el momento actual en una disminución de la superficie dedicada a los cultivos. Es decir que la asignación de esa superficie a la producción de cultivos energéticos no estaría compitiendo en la actualidad con la producción de alimentos para la población del país.

¿Cuáles son las posibilidades reales de dicha sustitución en el corto plazo? Se tropieza aquí con un doble problema. Por un lado, la sustitución de una fuente de energía por otra implica una serie de modificaciones tecnológicas en la maquinaria y equipos, que puede demandar cierto tiempo.

La sustitución de la nafta y el gas oil en motores por ejemplo, requiere ciertas modificaciones que, aunque factibles, no han sido experimentadas todavía en el país. En este sentido, la experiencia de Brasil es un valioso y cercano antecedente que lógicamente servirá como base cuando se decida dicha sustitución. Más sencilla resulta

la sustitución del fuel oil por leña, carbón o metano, pero también en este caso se requerirá un cierto período de prueba y adaptación de los equipos.

A nivel productivo por otra parte, el problema de la sustitución estará supeditado al costo de la alternativa energética analizada.

En efecto, de nada sirve saber que los aceites vegetales pueden técnicamente actuar como sustitutos del gas oil en motores de ciclo Diesel, si al país le resulta mucho más caro producir aceite que utilizar gas oil. Pero evidentemente, frente al panorama actual y futuro ya mencionado de las reservas energéticas mundiales, evaluar alternativas de producción en base al costo en dinero de hoy en día no tiene mucho valor. La aproximación más correcta, y algo casi obligatorio cuando se piensa en términos de futuro, sería calcular los costos en términos de energía, es decir calcular cuánto cuesta en energía la producción de determinada cantidad de energía. Estos balances energéticos permitirán seleccionar entre las alternativas factibles técnicamente, aquéllas que verdaderamente sean ahorradoras de energía para el país. Lógicamente que los costos económicos deben servir de guía en el momento actual, pero los mismos pierden validez cuando entran en juego otros valores como seguridad en el suministro, independencia del país, etc.

Desgraciadamente, se ha avanzado todavía muy poco en el Uruguay en cuanto a reunir los elementos que permitan tomar una rápida determinación sobre las alternativas de producción más aconsejables. A modo de ejemplo, si bien se han elaborado ya balances energéticos para diferentes rubros de producción, no resultan muy comparables entre sí los resultados al responder a diferentes metodologías. Es necesario en este sentido una labor coordinada; que un equipo técnico capacitado realice un relevamiento exhaustivo con una metodología clara y obtenga resultados comparables entre sí.

La acción oficial al respecto resulta entonces fundamental para éste y otros problemas. El Estado deberá definir la política a seguir en relación a la agroenergía en general, y en función de ello deberá planificar los pasos a dar.

Para poder plantear con claridad los objetivos de la política y las metas a alcanzar, se deberá comenzar por analizar a fondo la situación actual y las posibilidades con que se cuenta. En este sentido, la investigación agrícola debe cumplir un papel conductor fundamental en la etapa inicial. La utilización de cultivos con fines energéticos exigirá en mayor o menor grado, la determinación de las especies más aptas, la selección de las variedades de mejores rendimientos y la adecuación de las prácticas de producción y de manejo a los fines perseguidos. Se puede decir que prácticamente ninguna de las posibles fuentes de agroenergía utilizables en el país tiene recorrido ese camino en forma completa a nivel de investigación. Lógicamente que la experiencia recogida en otros países como Brasil será de suma utilidad para quemar etapas, pero de todos modos la necesidad de probar su adaptabilidad a las condiciones del Uruguay obliga a encarar el problema sin más dilaciones.

Hay que tomar conciencia de que si el país quiere tener una solución para los serios problemas que inevitablemente deberá afrontar para la satisfacción de sus necesidades energéticas, dentro de 10, 15 o 20 años, las acciones deberán comenzar ya mismo.

La participación del Ministerio de Agricultura y Pesca resulta así un elemento clave, ya que son sus dependencias especializadas las que pueden o podrán en el futuro definir cuáles son las soluciones factibles dentro del amplio espectro que ofrece la agroenergía, de acuerdo a las condiciones ecológicas y socioeconómicas del país.

Hay que tener en cuenta que el uso de determinada superficie del territorio con fines energéticos implicará inversiones complementarias en maquinaria, equipos, obras de infraestructura, etc., y modificará las condiciones sociales y económicas de las áreas afectadas. Todo esto ocasionará una transformación del medio rural más o menos importante según la zona, pero que indudablemente debe ser ponderado cuando se decida la localización de las nuevas áreas productivas.

Es decir que la tarea de definición de especies y variedades más aptas, prácticas productivas más adecuadas, zonas de producción, inversiones adicionales necesarias, evaluación del impacto sobre el medio etc. sólo podrá ser desarrollada en forma conjunta a través del Ministerio de Agricultura y Pesca.

II. SITUACION ENERGETICA NACIONAL

De acuerdo a trabajos realizados en base a estadísticas del Ministerio de Industria y Energía (*), se ha estimado el consumo global directo de energía en Uruguay para 1979 en 30,31 x 10^9 Mcal. (o 30,31 Terakilocalorías) que equivale a unas 2.830 KTPE (kilotoneladas de petróleo equivalente).

La estructura de dicho consumo se presenta en el Cuadro 1.

En lo que concierne directamente al petróleo, las informaciones disponibles indican que en 1979 el Uruguay consumió 2.234.000 metros cúbicos de petróleo en forma de derivados, que equivalen aproximadamente a 13 millones de barriles del crudo.

La estructura del consumo de derivados para dicho año permite observar que los derivados livianos representaron el 48 por ciento del total, que elfuel oil alcanzó el 45 por ciento, mientras el 7 por ciento restante se divide equitativamente entre el gas licuado y los productos menores (asfaltos, aguarrás, etc.).

Dentro de los derivados livianos, las naftas representaron el 15 por ciento,el queroseno el 7,5 por ciento y el gas oil el 23,4 por ciento.

En lo referente al destino del petróleo consumido en el país, de acuerdo a Heije y Gamundi (**), en 1979 el 20,5 por ciento correspondió a la generación termoeléctrica, mientras que la industria consumió un 25,5 por ciento, el transporte el 31.0 por ciento, las residencias y comercios un 13,3 por ciento, correspondiéndole el 9,7 por ciento restante a "otros usos", que incluiría consumo agrícola, consumo propio de la refinería, alumbrado público, pérdidas en la transformación, transmisión y distribución de energía eléctrica, etc.

En cuanto a la evolución de dicho consumo en la última década, cabe señalar que el consumo total de derivados del petróleo creció un 20 por ciento entre 1970 y 1979, impulsado fundamentalmente por

---

(*) A.J.Cotro: "La Agricultura uruguaya y la crisis energética" Congreso Nac. de Ingeniería Agronómica, Montevideo, 1980

(**) J.L.Heijo y G.Gamundi,"Insumos energéticos derivados de biomasas de Eucaliptos", Ministerio de Industria y Energía, 1980.

Cuadro 1

Consumo Global directo de Energía en Uruguay
en 1979

Concepto	KTPE	Porcentaje
Petróleo y derivados	2152,5	76,2
Leña	250,0	8,8
Carbón	3,8	0,1
Energía eólica	68,0	2,4
Energía hidroeléctrica	353,5	12,5
TOTAL	2827,8	100,0

Fuente: A.J.Cotro "La Agricultura uruguaya y la crisis energética"

el incremento del fuel oil (27 por ciento), y el gas oil (52 por ciento) mientras el consumo de nafta se mentenía relativamente invariado y el de queroseno disminuía cerca de un 25 por ciento (Véase Cuadro 2).

Cuadro 2

Evolución del consumo de algunos combustibles entre 1970 y 1979

(En miles de metros cúbicos)

Años	Nafta	Queroseno	Gas oil	Fuel oil
1970	345,3	220,1	344,4	789,7
1971	360,9	238,0	375,5	731,1
1972	353,0	245,5	396,8	865,4
1973	318,1	237,2	387,0	788,3
1974	278,8	227,5	379,4	802,0
1975	280,1	198,2	450,7	894,7
1976	263,5	201,7	436,3	905,9
1977	270,8	176,4	445,5	882,9
1978	303,8	179,6	481,3	899,7
1979	335,4	168,6	523,1	1002,4

Fuente: Ec. Pedro Barrenechea "El Petróleo y sus efectos internos"

Este incremento del 20 por ciento en el consumo de petróleo y derivados resulta moderado en relación a los crecimientos operados a nivel mundial y acorde con el reducido ritmo de crecimiento de la actividad económica del país a lo largo de la década. Mucho más importante resulta el incremento operado en el costo de dichas importaciones.

Expresado dicho costo en dólares constantes, las importaciones de petróleo crecieron casi 3 veces entre 1970 y 1979, aunque dicho

aumento se originó casi exclusivamente a raíz de la suba de precios de 1974, ya que posteriormente, como ya se indicó, los sucesivos incrementos sólo se limitaon a acompañar el ritmo inflacionario a nivel mundial (Véase Cuadro 3).

Resulta importante señalar también cuánto le ha costado al país en términos de sus exportaciones, las compras de petróleo al exterior. Como se mencionaba en la introducción, el impacto de la crisis energética fue mucho mayor para las naciones en desarrollo, entre otras cosas porque los precios de los bienes por ellos exportados (fundamentalmente materias primas) no acompañaron el incremento generalizado de los precios operado a nivel mundial a partir de 1973.

En el caso de Uruguay, cabe señalar por una parte que mientras las importaciones de petróleo representaban menos del 12 por ciento de las compras totales al exterior en 1970, llegaron a significar el 32 por ciento en 1976, para descender a alrededor del 19 por ciento en 1979 (Véase Cuadro 4); por otra parte, mientras esas importaciones representaban el 9 por ciento del total de exportaciones y el 13 por ciento de las de carne y lana en 1970, en 1979 representaban casi el 30 y el 104 por ciento respectivamente (Véase nuevamente Cuadro 4).

Por último, en el primer semestre de este año representaron el 61 por ciento de las exportaciones del Uruguay.

Las perspectivas en la actualidad no son nada alentadoras, ya que puede preverse que los precios mundiales del crudo crecerán en el futuro en forma más acelerada. No es necesario para esto caer en pronósticos catastróficos estimando que las reservas mundiales del crudo se agotarán en 20 o 30 años. De todos modos, el autocontrol de su producción puesto en práctica por los principales países exportadores, frente a una demanda mundial que sigue creciendo incesantemente, empujada en los últimos años por las necesidades crecientes de los

Cuadro 3

Evolución de las importaciones de petróleo
(Millones de dólares)

Años	Dólares corrientes	Dólares constantes de 1979	Indice de inflación internacional (1979=100)
1970	27,1	78,8	34,4
1971	31,3	83,9	37,3
1972	31,4	76,0	41,3
1973	44,8	90,1	49,7
1974	141,3	227,2	62,2
1975	164,0	228,7	71,7
1976	160,2	219,5	73,0
1977	186,0	232,5	80,0
1978	201,3	218,6	92,1
1979	230,5	230,5	100,0

Fuente: Elaborado en base a datos del Banco Central del Uruguay

Cuadro 4

Relación de las importaciones de petróleo crudo con el total de importaciones y exportaciones del país

Concepto	Porcentaje del petróleo en el total de		
	Importaciones	Exportaciones	Exportaciones de carne y lana
1970	11,7	9,1	13,0
1971	10,7	15,2	23,3
1972	11,8	14,6	20,0
1973	15,7	13,9	19,9
1974	29,0	37,0	60,0
1975	25,2	42,7	93,6
1976	31,9	29,3	69,9
1977	20,2	30,6	76,4
1978	27,1	29,3	82,9
1979	18,7	29,2	104,2

Fuente: Elaborado en base a datos del BCU y de OPYPA/MAP

E.U.A. - que de principal productor mundial en la primera mitad del siglo ha pasado a ser el principal importador del mundo - permite predecir que en pocos años más la demanda global del crudo no podrá ser satisfecha con los niveles actuales de producción, por lo que los precios serán empujados hacia arriba iremediablemente.

A pesar de que una modificación de las tendencias actuales del consumo, la aparición de nuevas tecnologías que permitan reoperar yacimientos ahora abandonados, etc. puedan variar las previsiones actuales, dichas previsiones son de por sí suficientemente alarmantes para un país como el Uruguay, con dependencia total de los suministros externos para su abastecimiento de petróleo, y con escaso o nulo poder negociador frente a los países exportadores para asegurarse un abastecimiento continuado en el futuro.

Es decir que cada vez tendrá más dificultades el país para poder pagar el petróleo que necesita, y en un futuro no muy lejano se encontrará frente a una situación en la que no podrá hacer frente a dichos costos con el valor total de sus exportaciones, o frente a otra en que, aunque pudiera pagar el petróleo que necesite, no lo encontrará disponible en el mercado mundial.

Esto obliga lógicamente a adoptar medidas perentorias frente al problema energético; a corto plazo no habrá probablemente mejor solución que establecer una política de ahorro y racionalización del consumo del petróleo y derivados, mientras que a mediano y largo plazo será fundamental encontrar fuentes energéticas alternativas.

III. FUENTES ENERGETICAS ALTERNATIVAS DEL PETROLEO

Como se expresaba en la introducción de este trabajo, la toma de conciencia a nivel mundial de la dependencia extrema que existía respecto del petróleo como fuente de energía, y la seguridad de que en el futuro el desarrollo de la humanidad no podría estar sustentado en una fuente energética de bajo costo y en un modelo despilfarrador de energía, han conducido por un lado a la racionalización del consumo y por otro lado a la búsqueda de fuentes energéticas alternativas.

Esta búsqueda se ha orientado en el sentido de lograr para cada país y para cada región la mejor solución de acuerdo a sus posibilidades y a sus necesidades, sujeta la misma a dos restricciones: en primer lugar, que ninguna de las fuentes alternativas reúne todas las ventajas del petróleo, y en segundo lugar la necesidad de lograr en lo posible la autosuficiencia, tratando de eliminar la dependencia de fuentes de energía externas al país o región.

Muchas de las posibles fuentes alternativas ya han sido probadas y utilizadas por la humanidad durante muchos años, mientras que para otras la posibilidad de una utilización en gran escala es todavía una incógnita, variando dicha posibilidad en las diferentes naciones de acuerdo al avance tecnológico logrado en cada una de ellas.

En el caso concreto del Uruguay, existen diversas posibilidades de sustitución de la totalidad o parte de su consumo actual de petróleo. Algunas de estas posibilidades, si bien factibles en el corto plazo, como puede ser la utilización generalizada de otros combustibles fósiles (fundamentalmente carbón mineral y gas natural) como sustitutos de derivados pesados del petróleo, al ser también fuentes no renovables de energía tropiezan en el mediano plazo con el mismo problema de aquél, es decir una limitada disponibilidad a nivel mundial, además de no mejorar las condiciones de dependencia del Uruguay en relación al suministro de dichos combustibles.

En relación al primer aspecto mencionado, cabe señalar que las reservas conocidas de gas natural a nivel mundial no serían mucho mayores que las de petróleo. Claro que en este sentido los continuos

avances tecnológicos pueden echar por tierra cualquier tipo de predicciones al respecto. A modo de ejemplo basta con considerar que mientras algunos informes estiman que al ritmo actual de consumo las reservas mundiales de petróleo y gas natural durarían 20 a 30 años (*), otros trabajos indican que con las técnicas actuales de extracción de petróleo (incluyendo los métodos de recuperación secundarios) sólo se recupera el 32 por ciento del petróleo existente en un yacimiento (**).

En el caso del carbón, las reservas conocidas permiten estimar que existiría disponibilidad de esta fuente energética para más de 200 años. Pero de todos modos no hay que dejar de considerar el segundo aspecto mencionado: la dependencia de fuentes externas. No se ha detectado en el país la existencia importante de recursos energéticos no renovables, y teniendo en cuenta que cerca del 90 por ciento de las reservas comprobadas de carbón a nivel mundial se concentran en los E.U.A., Unión Soviética y China (***), es de pensar que las posibilidades de una oferta abundante de este combustible en el mercado mundial son bastante remotas.

Una fuente energética alternativa que ha mostrado un avance tecnológico impresionante en las últimas décadas es la energía atómica. En relación a sus posibilidades de utilización por el Uruguay, no parece factible sin embargo que el país pueda acceder a la instalación de una central termoeléctrica que funcione con energía nuclear en un lapso de 30 años o más.

(*) A.J.Cotro "La agricultura uruguaya y la crisis energética", Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Montevideo, set. de 1980

(**) Academia Nacional de Ciencias de los E.U.A. "Perspectivas del Petróleo y el Gas en los E.U.A. hasta el año 2010", en Perspectivas Económicas N° 31, 1980/3

(***) J.L.Heijo y G.Gamundi:"Insumos energéticos derivados de biomasa de eucaliptos". Ministerio de Industria y Energía, Plan de Estudios complementarios de la zona de Valentines, Montevideo, 1980

Hay que considerar asimismo que la elevada complejidad de la tecnología y la resistencia a su transferencia por parte de los países desarrollados - es obvio que el país no está en condiciones de producir una tecnología propia en este aspecto - constituyen obstáculos prácticamente insalvables para una utilización independiente del recurso por parte de países como Uruguay.

Teniendo en cuenta además lo riesgoso que resulta en relación a la afectación ecológica,y que la transferencia de dicha tecnología requeriría mucho tiempo al involucrar la tramitación de condiciones de seguridad, licencias, etc. - con restricciones importantes de carácter político, económico y ecológico - y la dependencia que se generaría en ese sentido con el país proveedor, esta opción energética se torna entonces bastante impracticable para el país aún en el mediano plazo.

Quedaría entonces por considerar las fuentes energéticas disponibles en el país, casi todas ellas de carácter renovable. La mayoría sin embargo no permitiría una utilización inmediata, al menos en gran escala.

La energía hidráulica es la única que ha venido siendo utilizada en forma masiva en el país en los últimos 40 años. No parecen sin embargo existir muchas posibilidades de expansión en el futuro del aprovechamiento de este recurso, considerándose que en la actualidad el país se halla bastante cerca del límite de su aprovechamiento.

Una posible fuente no explotada hasta el presente lo es la energía solar directa. La misma puede ser utilizada ya sea como energía térmica, para la calefacción de agua y ambientes, para algunos procesos de secado de productos agrícolas y aún para refrigeración; ya sea como energía lumínica, convirtiendo la energía solar en corriente eléctrica mediante el empleo de células fotoeléctricas.

Si bien la utilización de la radiación solar como energía térmica está bastante más difundida que el segundo uso mencionado, de todas formas no es posible esperar una sustitución masiva de otras fuentes energéticas mediante el empleo de la energía solar directa,

ni tampoco una adopción inmediata en gran escala para los usos antes mencionados. A nivel del país resulta necesario el desarrollo de tecnologías apropiadas a las condiciones locales, adaptando las existentes en otros países, y posteriormente la difusión de la misma entre los usuarios más probables, creando la conciencia de la factibilidad y practicidad de su uso. Las zonas rurales parecen las más indicadas para un aprovechamiento en gran escala.

En el caso de la energía eólica, las posibilidades de sustitución son aún más limitadas que para la energía solar. De todos modos, la experimentación que se viene realizando, y las posibilidades que brinda el mejor conocimiento que se tiene en la actualidad del régimen de los vientos, permitirá en el mediano plazo el aprovechamiento de la energía eólica, ya sea almacenándola en forma de calor, energía química, hidráulica, etc., o utilizándola directamente para generar electricidad.

En forma más limitada aún, se podrían mencionar las posibilidades de utilización en el país de la energía geotérmica, aprovechando las fuentes de aguas termales que existen en ciertas zonas. Podría usarse para calefacción y aún para generar electricidad moviendo turbinas.

Quedaría finalmente por considerar la utilización de la energía proveniente de la biomasa, o en forma más general, la agroenergía.

Owen (*) define biomasa como la masa (peso) de la sustancia viva de un organismo, una comunidad o una población. Esta definición excluye lógicamente de la biomasa los residuos de origen vegetal o animal, ya que los mismos no son "sustancia viva".

Frecuentemente, cuando se habla de "energía proveniente de la biomasa" se incluye dentro de las "fuentes de biomasa" los residuos. Se ha generalizado bastante este uso del término en un sentido más amplio, aunque, como se ha dicho, resulta incorrecto

---

(*) Oliver Owen, "Conservación de Recursos Naturales", Edit. Pax-México, México, 1977

no sólo del punto de vista de la etimología de la palabra, sino de la acepción generalizada de la misma dentro de la ecología.

Resulta un concepto más totalizador hablar entonces de agroenergía, entendiendo por tal la energía obtenible a partir de la agricultura, o del sistema agropecuario. Cabría agregar finalmente que esta energía tiene su origen en la transformación de la energía solar por la actividad fotosintética de los vegetales verdes, por lo que lógicamente constituye una fuente renovable de energía, y de fácil utilización por el hombre.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el país se halla en una situación muy favorable para generar y utilizar energía a partir del sistema agropecuario, teniendo en cuenta la dotación de tierras aptas para la agricultura o forestación que hoy en día no se aprovechan en esos usos, y que por tanto no competirían con la producción de alimentos para su población.

En efecto, teniendo en cuenta que la Dirección de Suelos y Fertilizantes del MAP estima en algo más del 30 por ciento del territorio apto para las actividades agropecuarias la superficie arable, y que de acuerdo a prácticas conservacionistas podrían cultivarse anualmente más de 2 millones y medio de hectáreas, la sustitución de la totalidad de la nafta que se consume en el país por alcohol podría lograrse, por ejemplo, con unas 150.000hectáreas dedicadas al cultivo del sorgo azucarado(*) (lo que representa aproximadamente el 6,0 por ciento de la superficie cultivable anualmente). Del mismo modo, la sustitución de todo el gas oil por aceites vegetales exigiría unas 800.000 hectáreas dedicadas a cultivos oleaginosos(**) (algo más del 30 por ciento del área cultivable anualmente).

(*) Calculando 330000 m^3 de consumo anual de nafta y 2.200 lts. de alcohol de producción por hectárea.

(**) Calculando 520.000 m^3 de gas oil de consumo anual, y una producción potencial de 650 litros de aceite por hectárea

En materia de forestación la situación es mucho más favorable, ya que con 250.000 hectáreas de bosques el país estaría en condiciones de sustituir el consumo actual de fuel oil (*), y esa superficie es menos del 15 por ciento de los suelos de mejor aptitud forestal existentes en el país.

Finalmente, considerando el aprovechamiento de residuos orgánicos, fundamentalmente los del ganado vacuno, la producción de biogas a partir de estos residuos - teniendo en cuenta los que permitirían una fácil recolección, como los del ganado vacuno existente en establecimientos dedicados a lechería comercial - posibilitaría sustituir sin problemas el consumo de gas de ciudad y de gas licuado del país, o, en forma alternativa, mejorar notoriamente el nivel de vida de la población rural, al poder disponer de una fuente de energía barata en el propio establecimiento. La utilización de los residuos animales para producir biogas no significaría una competencia directa por la utilización de ningún recurso, ya que en la actualidad dichos residuos no tienen un uso alternativo.

Se puede concluir entonces que las fuentes de agroenergía existentes en el país pueden constituir una alternativa válida al consumo de petróleo, y que de las fuentes disponibles a nivel nacional, aún inexplotadas, es la única que ofrece posibilidades reales de sustitución masiva en el corto plazo.

Queda en pie de todos modos lo indicado al comienzo, sobre la necesidad de buscar la sustitución en función de las posibilidades y la disponibilidad de fuentes energéticas de cada país para lograr la combinación de alternativas energéticas más adecuadas a las necesidades nacionales.

Cabe mencionar en ese sentido el ejemplo de Estados Unidos, que como se indicaba en un trabajo reciente (**), produciendo el 50

(*) Calculando que una hectárea de bosque puede sustituir 4 toneladas de fuel oil

(**) J.Aznárez: "Introducción al Problema de la Energía". Congreso Nacional de Ingeniería Agrónomica, Montevideo, Setiembre de 1980

por ciento del petróleo que consume, siendo el país de mayores reservas de carbón mineral en todo el mundo, siendo líder en la tecnología de la energía atómica, está desarrollando programas sumamente ambiciosos en otras áreas, como la de agroenergía por ejemplo.

IV. CONTRIBUCION DE LA AGRICULTURA A LA SOLUCION DEL PROBLEMA ENERGETICO

1. Consideraciones generales

La agricultura puede contribuir a la solución del problema energético nacional desde dos puntos de vista diferentes: a través del ahorro de energía o de la creación de nuevas fuentes de energía. Lógicamente estos dos enfoques no son excluyentes, y si bien se cifran grandes esperanzas en las posibilidades de generación de energía por medio de la agricultura, no hay que desechar las posibilidades de racionalización y disminución del gasto de energía de todas las actividades que conforman el sistema de producción, distribución y consumo de productos agrícolas.

Con relación a las actividades de producción, hay que tener en cuenta por ejemplo la gran cantidad de energía que se gasta en la producción de fertilizantes químicos, pesticidas, etc. Para los primeros, obviamente en el futuro se deberán desarrollar procesos más eficientes en la fabricación y en su utilización; el país no podrá influir en el primer aspecto, pero sí lo podrá hacer en el segundo.

La utilización de maquinaria y equipos agrícolas también obligará a buscar formas más eficientes en el consumo de energía: prácticas de labranza mínima y operaciones múltiples tendrían importancia creciente, así como la consideración de la utilización de la tracción animal y humana en todas las operaciones que lo permitan, en regiones donde está disponible ese recurso.

En relación al procesamiento y distribución de los alimentos - actividades que consumen mucha más energía que la producción de los mismos en países industrializados - habrá que desarrollar procesos más eficientes en el procesamiento, e idear asimismo formas más racionales de distribución de los alimentos, como lo sería por ejemplo la zonificación de la producción en función de las concentraciones de consumidores. Un claro ejemplo de esta necesidad lo brinda la ineficiencia actual - desde el punto de vista del gasto de energía - que resulta del abastecimiento de pueblos y ciudades del interior del país, con frutas y hortalizas provenientes de los mercados montevideanos.

El otro enfoque de lo que sería la contribución de la agricultura a la solución del problema energético nacional, es eldirectamente vinculado a la generación de energía a través de la producción agrícola, el que lógicamente ha merecido mayor atención en función de las perspectivas de futuro que ofrece el sector como fuente de energía renovable.

En el análisis de las posibilidades de la agricultura en este sentido, habría que tener en cuenta por un lado cuáles son las producciones agrícolas capaces de generar energía en forma eficiente, entendiendo por tal la posibilidad de utilizarla con un mínimo costo energético. Por otro lado, será necesario estudiar la eficiencia actual de las distintas producciones en la conversión de la energía solar en energía utilizable por el hombre, y las posibilidades de mejorar dicha eficiencia a través del mejoramiento genético de especies y variedades.

Todo esto exige un trabajo muy importante de los organismos encargados de la investigación agropecuaria, ya que hasta el presente la investigación estuvo orientada hacia otras áreas, de acuerdo a las prioridades y necesidades existentes hasta el momento. La toma de conciencia del problema energético a nivel mundial y nacional, exige volcar recursos en forma inmediata para reforzar los programas de investigación en dichas áreas.

El país no cuenta en el momento actual con un panorama totalmente definido sobre cuáles son las fuentes más eficientes de producción de energía dentro de la agricultura. Resulta conveniente entonces brindar un panorama general sobre la totalidad de las posibles fuentes, y las posibilidades de sustitución de derivados del petróleo que ofrece cada una.

2. Posibles fuentes de agroenergía

Existen muchas formas posibles de clasificar las fuentes energéticas de origen agropecuario. Una posibilidad sería agruparlas de acuerdo al producto final más importante que se podría obtener, desde el punto de vista de la generación de energía. En ese sentido las fuentes de agroenergía se podrían clasificar en tres grupos de acuerdo al producto final, y en un cuarto grupo que englobaría los residuos provenientes de la biomasa:

- Productores de etanol
- Productores de aceites
- Productores de madera
- Residuos vegetales y animales

a) Fuentes productoras de etanol

Serían aquellos cultivos que tienen una buena eficiencia en transformar la energía solar en hidratos de carbono fermentables para la obtención de alcohol (etanol). Es posible distinguir a su vez tres grupos dentro de estos cultivos.

i) Productores de azúcares

Son los que tienen elevada proporción de su biomasa en formade hidratos de carbono simples, que por fermentación directa producen alcohol. Para las condiciones ecológicas del país, este grupo lo integran la caña de azúcar, el sorgo azucarado y la remolacha azucarera. También se obtienen elevadas concentraciones de azúcares en los frutos de muchas especies, fundamentalmente los frutales propiamente dichos, uva, etc.

ii) Productores de almidón

Son los que almacenan en órganos de reserva y semillas cantidades importantes de almidón, el que a través de un proceso de hidrólisis puede ser convertido en hidratos de carbono simples, para luego por fermentación producir alcohol. La hidrólisis permite obtener dextrinas y luego sacarosa, la cual a través de la fermentación y destilación posterior, producirá etanol. Dentro de los cultivos productores de almidón los más importantes para el Uruguay serían los cereales (que almacenan almidón en las semillas)las raíces y tubérculos(papa, boniato, etc.).

iii) Productores de celulosa

Son los que contienen elevada proporción de celulosa en su biomasa. La celulosa, por hidrólisis ácida o enzimática, es transformada en glucosa (por rompimiento de la cadena), la qué por fermentación posterior es transformada en etanol. Entre los productores de celulosa se encuentran las especies forestales en general, a las que habría que agregar los residuos vegetales como pajas de cereales, bagazos, etc.

La elección de la materia prima más apropiada para la producción de alcohol dependerá en último término del costo de obtención del producto, tanto en dinero como en términos de energía consumida.

El balance de la energía total requerida para la producción del etanol, desde la implantación del cultivo hasta la obtención del producto final, frente a la energía generada por este último, resulta indispensable para la elección de la fuente más adecuada. Asimismo, el costo en dinero por unidad de alcohol producido, dará la pauta de la factibilidad real de sustitución en el corto plazo de las fuentes energéticas convencionales.

Como se verá en el capítulo siguiente, la escasa información existente en el país (para las condiciones locales) estaría mostrando sin embargo, diferencias claras en términos de costo energético entre las distintas fuentes de etanol; de todas formas, es conveniente proceder a una cuidadosa revisión de los balances energéticos respectivos antes de descartar totalmente uno u otro cultivo. La tarea deberá ser encarada por un equipo técnico capacitado que realice un relevamiento exhaustivo con una metodología precisa, y obtenga así resultados comparables entre sí.

b) Fuentes productoras de aceites vegetales

Serían aquellos cultivos cuyas semillas contienen elevada proporción de aceite, posibilitando su extracción por métodos mecánicos o químicos. El país cuenta con suficiente experiencia en relación a cultivos oleaginosos, y existen numerosos cultivos productores de aceite que se adaptan a las condiciones ecológicas del Uruguay: girasol, soja, maní, algodón, serían las materias primas posibles. Cabría mencionar otros cultivos, como colza y ricino, que podrían tener buenos rendimientos de aceite en las condiciones del país.

La elección de la materia prima más adecuada dependerá obviamente de su balance energético, y del costo de obtención del litro de aceite. En este sentido, los cultivos antes mencionados difieren entre sí en su potencial de producción de aceite por hectárea, y el mismo se encuentra en muchos casos muy por encima de lo que

se produce actualmente en el país. La investigación agronómica será en último término quien indicará las reales posibilidades de producir aceites con balances energéticos y costos adecuados, que posibiliten su utilización como sustitutos de derivados del petróleo.

c) Fuentes productoras de madera

Comprenden las especies forestales obviamente. En las condiciones del país, las especies del género Eucaliptus parecen las más adecuadas para su uso con fines energéticos.

Con las especies forestales es posible seguir diferentes caminos para la transformación de la biomasa en energía: combustión directa, transformación química a través de procesos secos, y transformación química o microbiológica a través de procesos por vía húmeda.

Los procesos químicos de vía seca comprenden: la pirólisis o destilación destructiva de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, que permite obtener alquitrán, gases combustibles y carbón, del cual a su vez se puede realizar la síntesis de metanol; la gasificación, que es un proceso por el cual se calienta la materia orgánica de baja humedad en presencia de cantidades controladas de oxígeno, obteniéndose un gas combustible compuesto fundamentalmente por CO_2, CO y H_2,; finalmente la hidrogasificación que consiste en la reacción de sustratos celulósicos con hidrógeno, obteniéndose una mezcla de metano y etano. Con el gas obtenido de la gasificación se puede realizar también la síntesis de metanol.

En cuanto a los procesos de conversión por vía húmeda, los mismos comprenden: la reducción química, que es la reacción de sustratos celulósicos o lignocelulósicos con CO y vapor en medio alcalino, con producción de hidrocarburos pesados; la digestión anaeróbica, que consiste en la degradación bacteriana de la materia orgánica en ausencia de aire, obteniéndose un "biogas" mezcla de metano, CO y CO_2; y por último, la fermentación alcohólica con producción de etanol.

Muchos de los procesos anteriormente reseñados están aún en etapa experimental, y para la mayoría de ellos los balances energéticos resultan negativos en el momento actual. La utilización más factible de la madera en función de los balances energéticos sería la combustión de la misma, ya sea en forma directa o previa conversión en carbón, y la gasificación. De todas formas, esto no implica que en el futuro no se desarrollen procesos eficientes de conversión para las otras formas posibles de utilización.

d) Residuos vegetales y animales

Son también fuentes de agroenergía los residuos de origen vegetal o animal derivados de diferentes procesosde producción, y que mediante diferentes mecanismos pueden ser transformados de modo eficiente en formas de energía útiles para el hombre.

En reglas generales, los residuos de origen vegetal de alto contenido de materia seca tienen utilidad fundamentalmente en procesos de generación de energía térmica (combustión directa en lo esencial), mientras que los residuos de origen animal, con bajos contenidos de materia seca, son utilizados principalmente para la producción de biogas, a través de un proceso biológico de digestión anaeróbica.

El biogas es un gas combustible mezcla de metano y CO_2, que se obtiene a través de la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno libre, por acción bacteriana. La descomposición se produce en dos etapas, cada una de las cuales requiere un grupo específico de micro-organismos. En la primera etapa la materia orgánica es transformada en ácidos grasos, que en la segunda etapa son llevados a metano, CO y CO_2 y agua. El biogas obtenido contiene de 50 a 70 por ciento de metano.

3. Posibilidades de sustitución que ofrece cada p roducto

a) Etanol

El alcohol etílico anhidro (99,5 G.L.mínimo) se mezcla en variada proporción con la nafta (gasolina), y tales mezclas pueden utilizarse en los motores convencionales (ciclo Otto) con pequeños ajustes de la carburación y el punto de encendido. Si bien su poder calorífico es menor que el de la nafta (6400 contra 10600 Kcal./kg.), la potencia del motor y el consumo resultan prácticamente similares en ambos casos.

El etanol posee un número de octano superior al de la nafta supercarburante , por lo que una mezcla de 80% de nafta común y 20% de alcohol anhidro tiene un número de octano equivalente a una nafta supercarburante.

La sustitución total de la gasolina por etanol es posible en los motores de ciclo Otto, modificados o construídos especialmente con ese fin. En este caso es más apropiado el alcohol hidratado (96°G.L.) que el anhidro.

Una ventaja adicional del uso de etanol es que los gases de escape contienen menos óxido nitroso y monóxido de carbono y no poseen compuestos de plomo, por lo que se disminuye sensiblemente la contaminación ambiental.

Finalmente, cabe mencionar que es factible la utilización de etanol con el agregado de aditivos iniciadores de la combustión (como los nitratos orgánicos), en motores de ciclo Diesel, existiendo al presente en Brasil varias investigaciones al respecto.

b) Aceites vegetales

Los aceites vegetales pueden utilizarse como sustituto del gas oil en motores de ciclo Diesel. Se considera en términos generales que los aceites vegetales deberían ser el sustituto del gas-oil en el futuro, aunque en el momento actual existen problemas a corregir antes que eso sea factible en gran escala.

Experiencias realizadas por Fiat Diesel Brasil S/A(*) por ejemplo, indican que los motores diesel funcionan perfectamente con aceites vegetales como palma, amendoim, soja, algodón, etc. Existen sin embargo, problemas detectados que deberán ser resueltos, tales como el de la viscosidad elevada de los aceites que dificulta enormemente el arranque a bajas temperaturas, además del de difícil filtración, pero fundamentalmente el de la formación de depósitos en la cámara de combustión.

De dichas experiencias los técnicos de FIAT concluían que lo anterior no significa que los aceites vegetales no podrán ser empleados en el motor Diesel; lo que es necesario es corregir dichos problemas de forma de permitir que la durabilidad del motor. Agregaban además que las pruebas realizadas en motores Fiat con aceites de amendoim y soja habían arrojado un excelente desempeño, con un aumento de consumo y paridad de potencia bastante razonables.

Recientemente, un técnico de Embrapa expresaba (**) que se había comprobado en Brasil que era posible mezclar hasta un 30 por ciento de aceites vegetales con gas oil sin causar ningún trastorno al funcionamiento de un motor Diesel, y que ya existían en diferentes ciudades de Brasil ómnibus funcionando con aceites vegetales purificados a tal fin, habiendo sido necesario solamente introducir pequeñas adaptaciones en los motores.

Por otra parte, investigaciones llevada a cabo en la Universidad de North Dakota (USA), con mezclas de gas oil y aceite

---

(*) Véase "O álcool aditivado em substituçao ao oleo diesel" (Mesa Redonda), en Energía, fontes alternativas, Vol II, N°8, Maio/Junho 1980

(**) Véase J.P.Ramalho de Castro "La agricultura y su contribución para la solución de los problemas energéticos: el caso de Brasil" Conferencia pronunciada en la Academia Nacional de Economía de Uruguay, Montevideo, noviembre 1980

de girasol, utilizadas como combustible en un tractor con motor Diesel de seis cilindros, turboalimentado, mostraban que las distintas mezclas (que llegaban hasta 75 por ciento de girasol y 25 por ciento de gasoil) alimentaban correctamente al motor y mantenían casi la totalidad de su potencia.(*). Asimismo, en la Ohio State University, se han realizado experimentos con una mezcla de 80% de gas oil y 20% de aceite de soja; según el Dr. Helmut Engelman, uno de los científicos a cargo del programa, dicha mezcla hace funcio= nar los motores mejor y con menor consumo que el gas oil y sin necesidad de introducir modificaciones en los motores (**).

Además de este uso como combustible, aceites y grasas vegetales pueden lógicamente ser utilizados como lubricantes, en sustitución de derivados del petróleo. Al presente ya se utilizan mezclas de aceites minerales y vegetales en muchos de los lubricantes que se encuentran en el mercado, y es técnicamente factible la sustitución total.

c) Leña y carbón vegetal

Son los dos combustibles obtenibles en forma más directa a partir de la madera. Tanto leña como carbón vegetal pueden ser utilizados, aparte de los usos tradicionales en panaderías, pizzerías, hogares familiares, etc., a escala industrial para la producción de vapor en sustitución de los combustibles actualmente utilizados para ese fin en el país (fuel oil pesado fundamentalmente y en menor medida otros tipos de fuel oil, gas oil, diesel oil y queroseno).

Para el caso de los eucaliptus, las especies forestales que mejor se adaptan a las condiciones ecológicas del país para

---

(*) Véase "Energy from the Sun (flower)", en International Exchange News, Washington International Center, Winter 1979/80

(**) Véase: Ortiz, J.P., "La Vuelta al Carbón (Fuentes de Energía)", en Revista Búsqueda, N°92, junio 1980

ser utilizadas con fines energéticos - su aprovechamiento como fuente de energía permitiría obtener 44,2 x 10^6 Kcal.por hectárea y por año en el caso de la leña y 22,8 x 10^6 Kcal. por hectárea año para el carbón. Teniendo en cuenta que el poder calórico inferior del fuel oil es de alrededor de 10 x 10^6 Kcal. por tonelada, se tiene que una hectárea de eucaliptus permite sustituir aproximadamente 4 toneladas de fuel oil, utilizándola como leña.

El aprovechamiento de la madera mediante combustión directa permitiría obtener el máximo rendimiento energético del eucaliptus, siempre que las distancias de transporte no fueran demasiado grandes. En efecto, la leña es un combustible mucho más voluminoso que el carbón, lo que incide negativamente en los costos de transporte.

La leña recién cortada tiene un contenido de humedad entre 45 y 65 por ciento. Antes de su utilización es indispensable un secado previo (natural o artificial), a 25 por ciento de humedad aproximadamente. Este secado influirá directamente en el poder calórico de la madera y disminuirá el peso de la misma, afectando los costos de transporte.

El carbón vegetal obtenido a partir de la pirólisis de la madera (con un rendimiento entre 1:5 y 1:6 toneladas de carbón/ tonelada de leña) presenta como ventajas mayor poder calórico (7.000 Kca./kg. frente a 4.000 de la leña) y mayor facilidad de transporte, almacenamiento y distribución que la leña. Tiene también importantes aplicaciones en siderurgia y metalurgia como insumo termo-reductor.

d) Metanol

Obtenible también de la madera mediante un proceso de síntesis. Como combustible es probablemente el más versátil de los que pueden obtenerse a partir de la biomasa; puede s ilizado como combustible industrial,como combustible de las turbinas de gas para generación de energía eléctrica, y como combustible de los distintos tipos de motores a explosión. Su uso actual predominante es en la petroquímica.

En el largo plazo, se piensa que el metanol será mucho más utilizado que el etanol como combustible, aunque para ello se requerirán ciertos avances en la tecnología actualmente disponible, y una serie de modificaciones en los motores.

El metanol tiene un poder calórico de 4.800 Kcal./Kg. una hectárea de eucaliptus podría producir unas 30,3 x 10^6 Kcal.a través del metanol en el Uruguay, lo que sería probablemente superior a las producciones de alcohol obtenibles a partir de caña de azúcar o sorgo.

e) Gases combustibles de la madera

La gasificación de la madera permite obtener un gas combustible, compuesto fundamentalmente por CO_2, CO y H_2. Este gas puede utilizarse directamente como combustible, ya sea para accionar motores de combustión interna - ya funcionaron en el país automóviles a gasógeno durante la segunda guerra mundial - en generadores de vapor o en distintos tipos de hornos. Asimismo, las centrales Diesel generadoras de energía eléctrica en el país, pueden ser adaptadas para funcionar utilizando gas de gasógeno como combustible.

f) Biogas

Como ya se ha mencionado, se conoce con este nombre el gas producto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica por acción bacteriana.

La utilización de este gas combustible es muy variada, ya sea en su estado natural, o previo un simple "lavado" con agua, que permite obtener gas metano prácticamente puro, y de calidad similar al gas natural.

Los residuos vegetales y animales producen aproximadamente 550 litros de gas por cada kilogramo de residuo volátil. Los usos más comunes del biogas comprenden aspectos tales como cocción de alimentos, calefacción y enfriamiento de edificios, secado de granos, calentamiento de agua y accionamiento de motores estacionarios, pero su utilización puede llevarse hasta el extremo de ser utilizado en vehículos (En Francia se hicieron experiencias en tractores).

La utilización del estiércol para la producción de biogas es por supuesto pefectamente factible en Uruguay, y la tecnología a aplicar se conoce desde hace mucho tiempo y se utiliza en un considerable número de instalaciones en todo el mundo. El principal problema que presenta la utilización del metano producido deriva de que es un gas difícil de almacenar y transportar debido a la gran presión que requiere - comparado con otros gases - para volverse líquido. Debido a esto, la utilización del biogas en el mismo lugar de producción es lo más usual.

Además del biogas, la fermentación anaeróbica del estiércol deja como residuo un fertilizante superior al mismo estiércol, ya que conserva los elementos orgánicos y minerales que sirven como nutrientes del suelo, pero a su vez permite un aprovechamiento muy superior del Nitrógeno, que en el caso del estiércol se pierde en forma de amoníaco.

V. POSIBILIDADES REALES DE SUSTITUCION EN EL CORTO PLAZO 1/

Lógicamente todas las plantas verdes constituyen fuentes posibles de energía, teniendo en cuenta que cualquiera de ellas puede captar la energía solar y, a través de la fotosíntesis, transformarla en compuestos orgánicos que pueden ser utilizados para obtener energía. Sin embargo, apenas unas pocas especies reúnen actualmente las condiciones adecuadas para ser utilizadas por el hombre como fuente energética. Evidentemente el tipo de compuesto orgánico elaborado por la planta a partir de la energía solar resulta el elemento condicionante de ello, ya que está determinando a su vez de qué forma se podrá aprovechar dicha fuente de energía. Los otros elementos decisorios en este sentido lo constituyen el costo de obtención de la energía a partir de cada especie, medido ya sea en términos económicos o energéticos, y la adaptabilidad a las condiciones ecológicas específicas del país o región considerados.

Como ya se ha mencionado, las posibles fuentes de agroenergía podrían agruparse en productores de etanol, de aceites o de madera, formando un cuarto grupo con los residuos de origen vegetal y animal. Los productores de etanol a su vez podrían clasificarse en productores de azúcares, de almidón y de celulosa.

Para las condiciones ecológicas del Uruguay, los productores de azúcares incluirían caña de azúcar, remolacha azucarera y sorgo azucarado; los de almidón, cereales en general, papa y boniato; los cultivos oleaginosos, girasol, soja, maní, etc., y finalmente, dentro de los productores de madera, las especies del género Eucaliptus serían las más adecuadas a la utilización con fines energéticos.

Estas especies serían las potencialmente más aptas como fuentes de energía,es decir que los materiales existentes poseen un potencial acorde con las condiciones exigidas. Esto no implica que en el futuro no pueda mejorarse el comportamiento de ésas u otras especies, cuando la investigación agronómica se oriente a la obtención de resultados en el área específica de la energía.

1/ En la preparación de este capítulo participó el Ing.Agr. Gonzalo Juambeltz

Frente a este potencial existente, la posibilidad real de su utilización en el corto plazo quedará determinada por el costo de obtención de esa energía; balances energéticos y costos de producción se transforman así en los elementos claves para la selección de las especies vegetales más adecuadas.

Mientras el costo económico de obtención de energía a partir de una especie permite establecer desde un punto de vista cualitativo y en un momento determinado la factibilidad real de sustitución(por ejemplo si el costo de obtención de alcohol a partir de sorgo le resulta más barato al país que el costo de producción de nafta, la sustitución es factible), el balance energético permite establecer desde el punto de vista cuantitativo el ahorro que significa la utilización de esa fuente de energía en sustitución de otra.

Los balances energéticos se transforman así en factores imprescindibles para determinar, no sólo la ganancia energética resultante de la utilización de una determinada especie como productora de energía, sino también para determinar en forma global qué posibilidades reales de sustitución se están logrando.

Desgraciadamente, y como se verá a continuación, los esfuerzos realizados en el país tanto para estimar balances energéticos como para determinar costos de obtención de la energía, resultan claramente insuficientes para poder tomar rápidamente decisiones sobre la factibilidad real de sustitución en el corto plazo.

1. Balances energéticos

Los balances energéticos deberán cuantificar el costo en términos de energía de la obtención del producto final, es decir deberán comprender los costos de producción del cultivo, transporte y costos del proceso industrial.

Debido a que sólo recientemente el tema de la agroenergía ha despertado interés en diversos sectores del país, los estudios encaminados al conocimiento de esta temática son aún muy escasos. La carencia de tiempo, así como de otros recursos, ha impedido hastael momento un estudio exhaustivo de la problemática agroenergética nacional, lo que se refleja en la escasez de información existente, especialmente de carácter cuantitativo, acerca de los diversos problemas implicados en un tema tan vasto.

Esta deficiencia alcanza también al estudio de los balances energéticos de la producción de energía a partir de biomasa vegetal. Los trabajos existentes han aportado datos acerca de los balances energéticos de diversas especies, utilizando la metodología de cálculo existente sobre el tema en la bibliografía extranjera, procurando adaptarla a la situación nacional. Debido a que los autores han utilizado métodos de cálculo distintos y han partido de premisas diferentes, resulta difícil realizar comparaciones útiles entre los trabajos elaborados. Otro problema importante es que sólo existen trabajos acerca de algunas especies especialmente aquéllas que ya estaban siendo utilizadas como fuentes de energía en otros países, fundamentalmente los productores de etanol. De otras especies no se cuenta con ninguna información.

A continuación se presentan los datos de algunos de esos trabajos:

- En el "Informe de la Comisión de estudio para evaluar la posibilidad económica del autoabastecimiento de alcoholes potables e industriales", elaborado en el año 1979, aparecen balances energéticos de diversos materiales tales como paja de arroz, paja de trigo, residuos de madera, maíz, melaza, remolacha azucarera, caña de azúcar y sorgo azucarado. De los resultados obtenidos se concluye allí que solo la melaza, la caña de azúcar y el sorgo tendrían un balance energético positivo. Asimismo la comisión estimó que el procesamiento de los granos amiláceos, los tubérculos y la celulosa consumiría más combustible externo que el alcohol producido.

- En el correr de 1980 técnicos de la Facultad de Agronomía y de RAUSA realizaron balances energéticos para sorgo azucarado y remolacha respectivamente (*). En el caso del sorgo el resultado fue favorable, mientras para la remolacha los resultados indican que el

---

(*) Véase: E.Beltramini: "Remolacha como cultivo energético" y R.Fariello: "Sorgo azucarado como cultivo energético"; Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Montevideo, setiembre 1980

balance sería positivo sólo si se utilizaran los subproductos como fuente de energía.

- Para el caso de la utilización de la madera existe un trabajo realizado por técnicos del Centro Nacional de Tecnología y Productividad Industrial del Ministerio de Industria y Energía (*), en el que se incluye un balance energético. Los resultados indican que la utilización de la madera como combustible industrial tendría un balance energético positivo.

- En relación a cereales, oleaginosos y tubérculos, no existen en el país datos acerca de los balances energéticos de su utilización como fuente de combustible.

Finalmente, del análisis de la información precedente pueden extraerse algunas conclusiones:

1) No existe una metodología de cálculo de balances energéticos completamente adaptada a las condiciones nacionales y que pueda ser utilizada con confianza por todos los interesados.

2) No existen cálculos de balances energéticos de muchas especies vegetales que potencialmente podrían utilizarse como fuentes alternativas.

3) Existen además, problemas metodológicos como el que los balances existentes se han calculado para situaciones promedios, pero no se ha considerado en general el rango de variabilidad de esos resultados, aspecto importante teniendo en cuenta las variaciones que ocurren de un año a otro en los rendimientos agrícolas del país.

Asimismo, para el cálculo de los balances sólo se ha considerado la tecnología tradicional de producción, y no existe información acerca de los resultados que se obtendrían con la utilización de diferentes tecnologías.

2. Costos de producción

Con relación a los costos de producción, la información disponible a nivel nacional resulta tan o más insuficiente que para los balances energéticos. Si bien sería teóricamente bastante más sencillo calcular los costos directos de producción de un cultivo, el panorama se complica cuando es preciso determinar previamente la localización de dicho cultivo en el país, superficie total a afectar al mismo, tamaño de las unidades productivas que realizarán el cultivo,

---

(*) J.L.Heijo y G.Gamundi: "Insumos energéticos derivados de biomasas de Eucaliptus", MIE, Montevideo, 1980

infraestructura existente, tecnología a emplearse, etc.

Es decir que la determinación del costo debe correr en forma paralela con la definición de todos esos factores, para lo que será necesario entonces contar con la definición a nivel oficial de una serie de factores involucrados.

En relación a los costos industriales del proceso de obtención de productos energéticos, se precisan también una serie de consideraciones previas sobre tamaño y localización de la planta, tecnología utilizada, etc.

A pesar de no existir al presente una definición oficial sobre muchos de los aspectos mencionados, existe alguna información en materia de costos de obtención de energía a partir de diversas fuentes, que si bien no resultan estrictamente comparables entre sí, permiten tener una primera aproximación al problema.

Se presentan a continuación algunos resultados obtenidos en diversos trabajos:

- De acuerdo a las informaciones de la "Comisión encargada del estudio de autoabastecimiento de alcoholes" el costo de producción de etanol anhidro a partir de caña de azúcar y sorgo azucarado sería del orden de U$S 0,55 y U$S 0.395 el litro, para caña y sorgo respectivamente, calculado a precios de julio de 1979.

- Un reciente estudio realizado en la Facultad de Ingeniería, sobre un proyecto de factibilidad para la instalación de una destilería de alcohol etílico anhidro a partir de sorgo azucarado, estima el costo de producción del litro de alcohol en U$S 0,35.

- La cooperativa CALNU de Bella Unión, calculó a precios de agosto de 1979, el costo de producción de alcohol de caña y sorgo en una destilería a construirse anexa a su ingenio azucarero de Bella Unión. En dicho trabajo el costo se estimaba en U$S 0,41 el litro de alcohol.

- Con respecto a la utilización de leña y carbón, Heijo y Gamundi calcularon para el año 1980 los costos de producción de esos productos, obteniendo los siguientes valores:

Leña	U$S 6,65/M cal
Carbón de retorta	U$S 9,683/Mcal
Carbón de horno	U$S 15,96/M cal

Debe considerarse que estos valores fueron calculados para una distancia de transporte de los productos de 150 kms.

Como elemento de comparación se incluye también el precio del fuel oil, estimado en U$S 20,90 /M cal.

- En el mismo trabajo se calcula el costo de producción de gas para motores estacionarios de explosión interna, estimado en U$S 0.08031 por Kwh. Este valor es perfectamente competitivo con el costo calculado para motores a diesel oil, de U$S 0,1203/Kwh.

- Se realiza asimismo una comparación entre el costo de producción de metanol, obtenido de datos brasileños, con el precio de venta de distintos combustibles de ANCAP:

Costo del metanol	U$S 18,6/Mhcal
Precio de nafta super	U$S 137,0/Mhcal
Precio de nafta común	U$S 117,0/Mhcal
Precio del fuel oil pesado	U$S 20,9/Mhcal

Según expresan los propios autores "La marcada diferencia entre el costo del metanol y los precios de los combustibles para motores a explosión, indica que la producción de metanol puede ser atractiva y merece estudios más profundos".

Con relación a los costos industriales delproceso de obtención de productos energéticos, existen algunos estudios del costo de una destilería destinada a obtener etanol a partir de caña y sorgo azucarado, así como algunos cálculos de costos de producción de leña y carbón para uso industrial. No existen en cambio, datos sobre costos de industrialización de otras fuentes energéticas, ni posibilidades tecnológicas existentes.

Las informaciones reseñadas anteriormente deben tomarse como una primera aproximación al problema de la factibilidad económica de la utilización de biomasa con fines energéticos. Es indudable que se necesitan estudios mucho más detallados que contemplen el aspecto económico del problema en el marco de la política energética del país.

Debe entenderse que la competitividad de las fuentes alternativas en estudio, va modificándose constantemente debido a la variación de los costos de producción y de los costos de los combustibles tradicionales. Resulta de primerísima importancia evaluar la futura evolución de ambos factores con el fin de determinar los plazos y condiciones en que la sustitución sería posible. Asimismo un estudio de ese tipo permitiría establecer prioridades para aquellos cultivos que presenten mayores ventajas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del panorama presentado a lo largo del trabajo, es fácil concluir en primer lugar que si el país quiere tener una solución a los problemas que inevitablemente deberá afrontar en un futuro cercano para la satisfacción de sus necesidades energéticas, las acciones deberían comenzar ya mismo.

Surge clara por otra parte la necesidad de buscar fuentes energéticas alternativas del petróleo y derivados, tratando de lograr a nivel nacional la mejor solución de acuerdo a las posibilidades y a las necesidades del país, teniendo en cuenta la doble restricción ya comentada: en primer término, que con el conocimiento tecnológico disponible en la actualidad ninguna de las posibles fuentes alternativas reúne todas las ventajas del petróleo, y segundo, que resulta necesario lograr en lo posible la autosuficiencia en lamateria, tratando de eliminar así la dependencia de fuentes de energía externas al país.

De la exposición realizada se concluye asimismo que el Uruguay se halla en una posición ventajosa para el aprovechamiento de energía a partir del sistema agropecuario. La utilización de la biomasa de cultivos vegetales con este fin es perfectamente posible, sin entrar a competir por el uso de la tierra con la producción de alimentos para su población, al disponer el país de suelos aptos para cultivos y para forestación no aprovechados al presente.

Las fuentes de agroenergía que podrían explotarse en el país permitirían la sustitución de casi la totalidad de los derivados del petróleo que se consumen en la actualidad, por lo que la agroenergía surge en el momento presente como una alternativa válida. Más aún, de las fuentes disponibles a nivel nacional, aún no explotadas, es la única que ofrece posibilidades de sustitución masiva a corto y mediano plazo.

Sin embargo, debido a que sólo recientemente el tema de la agroenergía ha despertado interés a nivel nacional, resulta escasa todavía la información reunida y el conocimiento que se tiene de su problemática. No existe en este sentido información suficiente sobre

el comportamiento que puedan tener en el país muchas especies vegetales como productoras de energía, ni se conocen lo suficiente las tecnologías más adecuadas, tanto a nivel de producción del cultivo como de los procesos industriales.

La utilización de cultivos con fines energéticos exigirá por ejemplo la determinación de las especies más aptas,la selección de las variedades de mejores rendimientos para obtención de energía, y la adecuación de las prácticas de producción y de manejo a los fines perseguidos. Prácticamente ninguna de las posibles fuentes de agroenergía tienen recorrido ese camino ya a nivel de la investigación agronómica, pues ésta estuvo orientada hasta el presente hacia otras áreas, de acuerdo a las prioridades y necesidades existentes.

Como se ha visto también, no existe información suficiente sobre costos de obtención de los posibles sustitutos del petróleo, ni tampoco sobre los balances energéticos del proceso para los distintos cultivos. En este sentido, la falta de una metodología de cálculo uniforme y adaptada a las condiciones del país, y el desconocimiento de los balances energéticos de muchas especies vegetales que constituyen potenciales fuentes de energía, obliga a iniciar cuanto antes un esfuerzo coordinado para solucionar esas carencias.

Es evidente la necesidad urgente de impulsar y profundizar la investigación en todo lo concerniente a la agroenergía. La acción del Estado en este sentido resulta fundamental, para señalar en primer lugar las prioridades y en función de ello coordinar y dirigir la investigación agronómica y la de los procesos tecnológicos necesarios para la obtención de los productos energéticos.

De todos modos, el estado actual de los conocimientos a nivel nacional en materia de fuentes energéticas provenientes de biomasa vegetal, permitirían señalar con posibilidades de incorporación al sistema de producción de energía, a rubros como forestación, la caña de azúcar, y el sorgo azucarado, en una perspectiva de corto y mediano plazo. La producción de biogas a partir de residuos animales también se ubicaría entre las fuentes de agroenergía con mejores posibilidades.

No existe, sin embargo, una evaluación precisa de la factibilidad económica de sustitución de derivados del petróleo por las fuentes energéticas antes mencionadas, pensado el problema a escala nacional . Esto hace indispensable llevar a cabo lo antes posible los estudios necesarios para arribar a conclusiones valederas.

La acción oficial resulta necesaria también para orientar los estudios hacia los rubros que ofrezcan mejores posibilidades de sustitución a nivel global. Esto refuerza lo anteriormente mencionado sobre la necesidad de que cada país adopte las soluciones más adecuadas de acuerdo a sus necesidades y a sus posibilidades.

En este sentido, no aparece como muy lógica la excesiva atención que se le ha prestado a los cultivos productores de etanol en relación a otras fuentes de agroenergía, cuando la nafta representa apenas el 15 por ciento del consumo de derivados del petróleo, y el mismo ha permanecido estable a lo largo de la década, mientras el fuel oil y el gas oil representan en conjunto cerca del 70 por ciento y su consumo ha mostrado un incremento sostenido e importante en los últimos 10 años.

Parece necesario entonces prestar atención prioritaria a los posibles sustitutos del fuel oil y el gas oil, teniendo en cuenta las posibilidades reales que brinda la madera para el primero de los nombrados, y la escasa o nula atención que se le ha prestado hasta el presente al problema de la sustitución del segundo.

Resulta poco lógico también la reducida atención que hasta ahora ha merecido la producción de biogas, teniendo en cuenta que su producción no competiría por el uso de recursos de ningún tipo, y que la tecnología es relativamente conocida a nivel mundial. El impulso a su producción y utilización a corto plazo resultaría sumamente conveniente.

Se puede concluir en síntesis que la agroenergía ofrece posibilidades ciertas de sustitución de derivados del petróleo, y para algunos rubros reales perspectivas de sustitución inmediata.

Sin embargo, la magnitud del problema y la perentoriedad de buscar y encontrar soluciones, obligan al Estado a realizar un gran esfuerzo en este sentido. La utilización de la agricultura con fines energéticos no detiene la acción oficial a nivel de las investigaciones básicas. Será necesaria una política planificada de utilización de los recursos a nivel nacional, determinando las zonas más aptas, y evaluando el impacto en el medio rural que ocasionaría la modificación de la actividad productiva en esas zonas, así como las consecuencias sobre el medio ambiente, no sólo a nivel de la producción de los cultivos, sino también a nivel de los procesos industriales.

Resulta muy importante el papel que ya está desempeñando la iniciativa privada al iniciar por su cuenta la búsqueda de soluciones y el ensayo de sustitutos del petróleo. La acción oficial no debe desalentar esas iniciativas, pero sí coordinar esfuerzos y orientarlos hacia las soluciones que resultan más convenientes a nivel nacional y que redunden en una mejor utilización de los recursos con que cuenta el país.

Queda finalmente por resaltar el papel que la cooperación técnica internacional puede jugar en este proceso. Evidentemente el Uruguay no está en condiciones de buscar desarrollar su tecnología propia en el área de la agroenergía, ni resultaría muy inteligente no tratar de aprovechar los avances logrados en la materia por otros países. Por el contrario, la nación debe tratar de capitalizar los conocimientos que se han ido acumulando a nivel mundial, buscando a través del esfuerzo nacional adaptar a las condiciones locales el conocimiento tecnológico desarrollado en países con mayor dotación de recursos para la investigación.

En este sentido, la experiencia ya adquirida por Brasil en el campo de la agroenergía resultaría de suma utilidad al país para poder ir quemando etapas en la búsqueda de las soluciones más factibles. Ya se han iniciado los contactos a través de visitas de técnicos uruguayos al Brasil, merced al esfuerzo de organismos internacionales como el IICA, y se ha propiciado la venida de técnicos del Brasil a comunicar sus experiencias, como lo prueba este seminario.

Este camino de la cooperación internacional, aprovechando además la ventaja de la vecindad con una nación líder en esta área, resultará fundamental para que el Uruguay pueda llegar en tiempo con alternativas factibles para la resolución del problema de su abastecimiento de energía en el futuro.

Los organismos internacionales de asistencia técnica pueden brindar en éste y otros sentidos un apoyo invalorable para el logro de dicho objetivo.

VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Academia Nacional de Ciencias de los EUA, Consejo Nacional de Investigación, "Perspectivas del Petróleo y el Gas en los EUA hasta el año 2010" en Perspectivas Económicas, 1980/ 3, N° 31.
2. Agricultura de las Américas, Año 28, N°8, "Conservando Energía en la Granja. Parte I : Energía Solar y Eólica" Agosto 1979
3. Agricultura de las Américas, Año 28, N° 11, "Conservando Energía en la Granja. Parte II. Estiércol: valioso fuente de Gas Metano" Noviembre,1979
4. Aznárez, Javier, "Introducción al Problema de la Energía", Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Montevideo 1980
5. Barrenechea, Pedro, "El Petróleo y sus efectos internos", en Uruguay Industrial. Cámara de Industrias del Uruguay, Montevideo, 1980
6. Behrens, Alfredo. "Energía y población: un desafío", en Síntesis ALALC Año XV, N° 134, Enero-Marzo 1980
7. Beltramini, Ernesto: "Remolacha como Cultivo Energético", Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Montevideo, 1980
8. Bentura Borgarelli, J. y Lúgaro, M.E., "La experiencia adquirida por la UTE sobre combustibles de emergencia" (Trabajo presentado a la Primera Conferencia Nacional sobre Aprovisionamiento y Racionalización en el Empleo de los Combustibles). Imprenta UTE, Montevideo, 1942.
9. Brandini, Adhemar. "Balanço Energético na Produção de Etanol obtido da Cana de azúcar, Mandioca e Sorgo Sacarino: Revisão da Literatura (mimeo). Embrapa, Brasilia, Junho 1979
10. Brito Berhouet, Ana, "Contribución de la Forestación al Problema Energético". Primeras Jornadas Técnicas Forestales. Asoc. de Ingenieros Agrónomos, Montevideo 1978
11. Cotro, Alberto J., "La Agricultura Uruguaya y la Crisis Energética". Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Montevideo, 1980
12. Energía, Fontes alternativas. Vol.II, N° 8, "O álcool aditivado em substituçãoao óleo diesel" (Mesa Redonda). Maio/Junho 1980
13. Fariello, Roberto: "Sorgo Azucarado como Cultivo Energético", Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica, Montevideo, 1980

14. Heijo, J.L. y Gamundi, G.:"Insumos Energéticos Derivados de Biomasas de Eucaliptos". Ministerio de Industria y Energía, Plan de Estudios Complementarios de la Zona Periférica de Valentines. Montevideo, 1980 .
15. International Exchange News, Winter 1979/80. "Energy from the Sun (Flower)" Washington International Center, Washington D.C.
16. Krochta, John M., "Energy Analysis for Ethanol", en California Agriculture, Vol. 34, N° 6, June 1980.
17. Ministerio de Industria y Energía, Dirección Nacional de Energía, "Boletín Mensual Energético", Año 4, N° 12, y Año 5, N° 3 y 9.
18. Ministerio de Industria y Energía, "Informe de la Comisión de Estudio para evaluar la posibilidad económica del autoabastecimiento de alcoholes potables e industriales", Montevideo, Agosto 1979.
19. Ortiz, José P. "La Vuelta al Carbón (Fuentes de energía)", en Revista Búsqueda, N° 92, Junio 1980 .
20. Owen, Oliver, "Conservación de Recursos Naturales", Editorial Pax-México, México, 1977.
21. Ramalho de Castro, José Prazeres, "La agricultura y su contribución para la solución de los problemas energéticos: el caso de Brasil". Conferencia pronunciada en la Academia Nacional de Economía de Uruguay. Montevideo, noviembre 1980.
22. Sachs, Roy M. "Crop feedstocks for fuel alcohol production", en California Agriculture, Vol. 34, N° 6, June 1980.
23. Serra, Gil; Goldemberg J.; Moreira, J.R. y Marchesi de Carvalho, C:"Estudo Energético de Alternativas Brasileiras para Produção de Energía Renovável" (mimeo). Sao Paulo, 1980.
24. Stobaugh, R. y Yergin D., "Se acabó el Petróleo Accesible" (extractado de "Energy Future") en Perspectivas Económicas, 1980/3, N° 31.
25. Sweeten, John M., "Prospects for Methane production at Cattle Feedlots", Texas Agricultural Extension Service, The Texas A & M University System, Texas, 1980.
26. Tyner, Wallace E., "The potential of using biomass for energy in the United States". Energy Policy Research and Information Program, Publication Series N° 80/3. Purdue University, Indiana, May 1980.
27. Veras, Arnaldo:"Fontes alternativas para a produção do Alcool" IICA,OEA, San Pablo, 1980. (Forum das Americas)

LAS PERSPECTIVAS DE LA CAÑA DE AZUCAR COMO ALTERNATIVA ENERGETICA

Ing.Quím. Luis Ramón Pose
Cooperativa Agropecuaria Limitada
Norte Uruguayo

INTRODUCCION

Hablaré sobre las posibilidades que CALNU tiene de contribuir al problema energético nacional, fundamentalmente en su zona de influencia.

CALNU, como muchos de ustedes saben, es una cooperativa agroindustrial, situada en el Departamento de Artigas, próximo a la ciudad de Bella Unión y que ha tenido como principal actividad, hasta la fecha, la producción e industrialización de la caña de azúcar.

Ha producido en los últimos tres años 110.299 tons. de azúcar, además de la melaza, lo que representa un 42.8% de la producción nacional de azúcar durante ese período.

Hace cinco años aproximadamente que esta Cooperativa considera la idea de aprovechar mejor sus equipos industriales y estructura agrícola a través de un programa que permita una recuperación mayor de las variadas posibilidades que la caña nos ofrece.

VALIDEZ DE LA IDEA

Actualmente ante el problema del petróleo, un número creciente de países están recurriendo a la caña de azúcar como fuente de energía. Los motivos de esta preferencia son, entre otros:

1) Tratarse de una de las especies con mayor índice de aprovechamiento de la energía solar.

2) Prospera en casi todos los tipos de suelo existentes.

3) Si se opera con técnicas agrícolas adecuadas los suelos mantienen su productividad aún en condiciones de monocultivo. En la zona de Bella Unión existen suelos explotados con monocultivo de caña durante 40 años sin merma de productividad.

4) Se trata de un cultivo conocido, muy estudiado, al que se le puede aplicar un alto índice de mecanización, si fuera preciso.

5) El proceso industrial es autosuficiente energéticamente debido a las buenas condiciones de combustibilidad de la fibra de la caña e inclusive genera excedentes aprovechables.

RENDIMIENTO ENERGETICO DE LOS CARBOHIDRATOS

1/ DE LA CAÑA DE AZUCAR *

(RENDIMIENTO EN MILLONES DE KILOCALORIAS)

COMPONENTE	POR TON. DE CAÑA	POR HA. AÑO PROMEDIO MUNDIAL	POR HA. AÑO MAXIMO TEORICO
BIOMASA 2/	1.36	104	515
TALLOS	1.05	59	294
FIBRA	0.61	35	172
SACAROSA	0.41	23	114
GLUCOSA	0.02	1	4
FRUCTOSA	0.01	1	4
ALMIDON	0.0001	0.01	0.04

1/ LOS VALORES PARA LOS PROMEDIOS MUNDIALES Y RENDIMIENTOS TEORICOS MAXIMOS POR HECTAREA POR AÑO ESTAN BASADOS EN 56.5 y 280 TON/HA/AÑO RESPECTIVAMENTE.

2/ BIOMASA SE REFIERE A LA PORCION QUE ESTA SOBRE TIERRA UNICAMENTE.

* VALORES PRESENTADOS POR JAMES E. IRVINE
USDA- SEA- AR- US, SUGARCANE FIELD LABORATORY
Estación Experimental de Houma en Louisiana.

En la tabla No. 1 podemos apreciar la potencialidad energética de esta planta.

En la primer columna se describen los componentes, llamando biomasa a toda la vegetación sobre tierra.

Lo restante son los carbohidratos que componen el tallo.

La segunda columna es el rendimiento en millones de Kcal por ton. de caña. Aquí debemos destacar dos aspectos, uno de ellos es que el 22% de la energía se encuentra en la parte que no es tallo, o sea, despunte y hojas. Actualmente quemamos todo ésto previamente a la cosecha. Sin duda debemos aprovecharlo y existen cada vez más establecimientos que elaboran la caña sin quemar y despuntar.

El otro aspecto a destacar es que en el tallo el mayor contenido de energía está en la fibra y ésto debe ser también aprovechado íntegramente, cosa que no está, en la mayoría de los casos, debidamente contemplado.

La tercer columna indica la cantidad de energía por há. suponiendo un rendimiento de 56.5 ton./há. y la quinta es el máximo teórico calculado.

Debemos destacar que en algunas condiciones se han logrado valores superiores al 80% de este máximo teórico, lo que habla de las posibilidades de esta especie.

En la transparencia que sigue se puede apreciar el área plantada y rendimientos en ton. de caña por hectárea, obtenidos en varios países de Centroamérica y Estados Unidos, así como también el promedio mundial.

PRODUCCION DE CAÑA DE AZUCAR Y ALCOHOL OBTENIBLE EN

NORTE Y CENTROAMERICA

PAIS	AREA	RENDIMIENTO CAÑA	RENDIMIENTO ALCOHOL OBTENIBLE
	1000 Há	T/H/AÑO	1/HA/AÑO
BELIZE	14	57	3452
COSTA RICA	35	63	3816
REPCA.DOMINICANA	171	69	4179
GUATEMALA	91	65	3937
HONDURAS	16	66	3997
MEXICO	438	72	4361
NICARAGUA	36	71	4300
PANAMA	43	60	3634
SALVADOR	40	75	4542
PROMEDIO		66.4	4024
ALABAMA	1	45	2725
FLORIDA	121	74	4482
GEORGIA	1	56	3392
HAWAII	90	112	6783
LOUISIANA	122	53	3210
MISSISSIPPI	1	45	2725
PUERTO RICO	49	74	4482
TEXAS	15	70	4240
PROMEDIO USA		66.1	4005
PROMEDIO MUNDIAL		56.5	3422
MAXIMO TEORICO		280	16,958

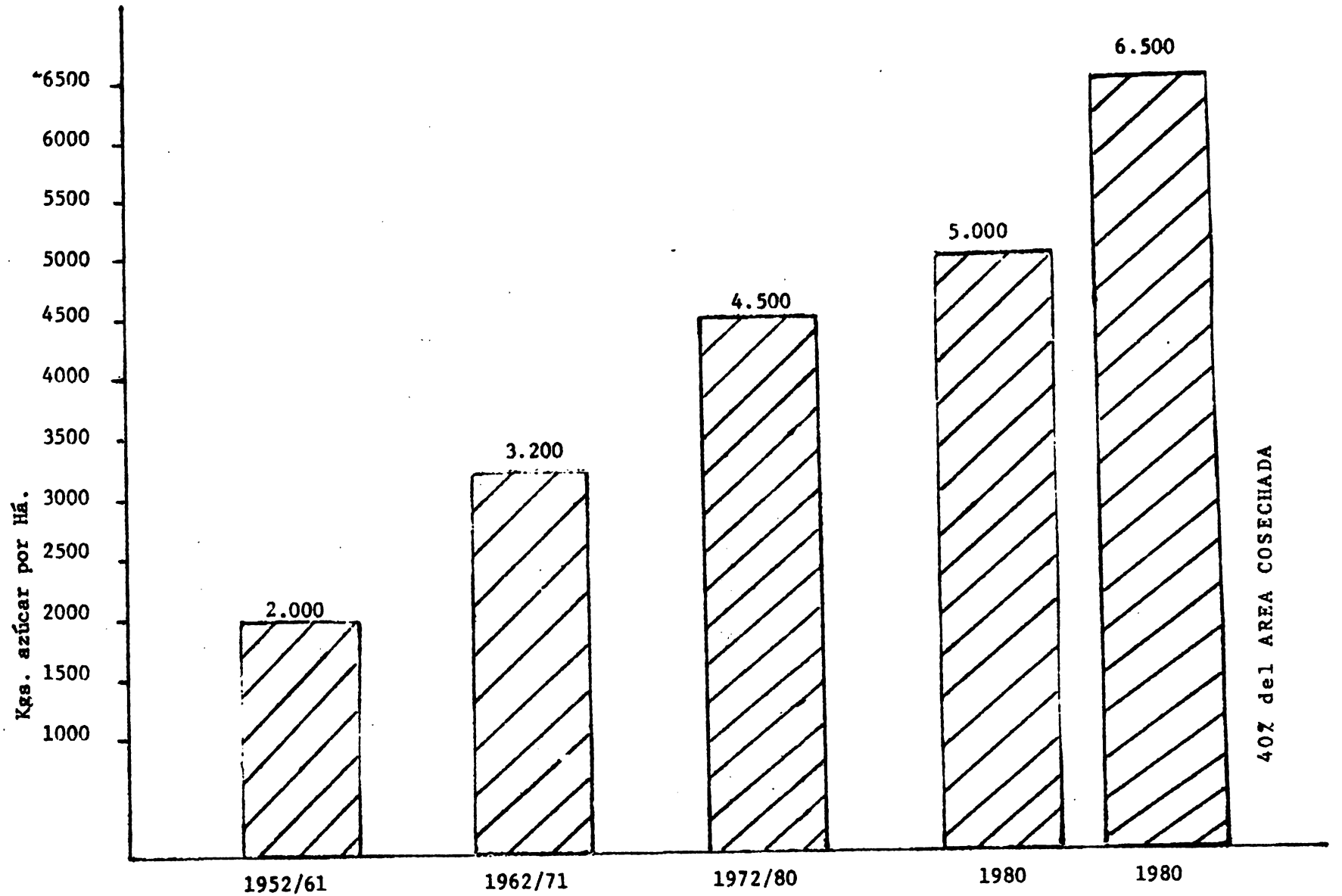
CALNU - 1980

PROMEDIO	7.1	50.7
1er. GRUPO	2.7	70

El dato dado para CALNU es el promedio general obtenido la zafra pasada, que es casi 10% inferior a la media mundial, pero es necesario hacer algunas puntualizaciones al respecto.
Las primeras plantaciones en la zona se realizaron en 1941, 10 años después obteníamos rendimientos de 30 tons. de caña y 2.5 tons. de azúcar por hectárea, actualmente estamos en 50.7 tons. de caña y 5.0 tons. de azúcar, lo que indica una evolución importante; pero lo que realmente nos da una idea de nuestras posibilidades son los datos que obtendremos si dividimos los agricultores en dos grupos, uno de ellos formado por aquellos que dispusieron de medios de producción apropiados y el otro formado por los que no cuentan con lo necesario.
El primer grupo,que representa un porcentaje elevado de nuestra área, obtienen valores del orden de las 70 tons./há. y 7 tons. de azúcar/há. lo que los sitúa a un nivel de rendimiento bueno considerado internacionalmente.

EVOLUCION DE LOS RENDIMIENTOS AGRICOLAS

EN TONS. DE AZUCAR POR HA. - COSECHADA Y POR AÑO



La gráfica No. 3 nos da una idea de la evolución de nuestros rendimientos agrícolas por décadas, a excepción de la penúltima columna que es la correspondiente al año 1980 y la última que es la correspondiente a los agricultores del primer grupo del mismo año, abarcando un 40% del área cosechada.
En extensiones menores se han logrado, con la variedad Tuc 68-19 más de 9 tons. de azúcar/há. y más de 12 tons./há. con la variedad NA 63-44. En campo experimental, sin tratamientos especiales, se han logrado 15 y 16 tons. de azúcar/há.
Todo lo dicho demuestra que la caña de azúcar es actualmente en el Uruguay una realidad y que podemos esperar un futuro mejor.

BALANCE ENERGETICO

Trabajando con los análisis y datos promedio de la zafra pasada, determinamos si hubiéramos derivado el jugo para una destilería,por tonelada de caña habríamos logrado:

403.000 Kcal por combustión de bagazo/ TC

y 307.000 Kcal en el etanol producido/TC

Habríamos consumido:

* 92.000 Kcal en el Sector Agrícola TC

y 278.000 Kcal en el Sector Industrial TC

Aclaramos que el consumo de energía en el Sector Agrícola fue deducido a partir de información recogida de diversas partes del mundo, adaptadas a nuestras condiciones y los datos recogidos de nuestra zona por el Departamento de Fomento al Cultivo de CALNU.
No se ha considerado en este estudio la energía que está en hojas y despuntes, que de acuerdo con el Prof. Irvine es del orden del 20% del total del valor energético de la biomasa .
En estos slides podremos apreciar nuestras pérdidas.

Dando un saldo favorable de:

340.000 Kcal por ton, de caña procesada, lo que significa por há. 340.000 x 50 = 17.000.000 Kg cal/líquidas/há/año y en el caso de los agricultores del primer grupo:

340.000 x 70= 23.800.000 Kcal líquidas/há/año

o sea el equivalente, aproximadamente a 1700 kgs. de fuel oil por há. en el primer caso y 2380 en el segundo.

Debemos tener en cuenta que estos cálculos pueden ser sensiblemente mejorados con el aporte de tecnologías nuevas en vías de desarrollo.

Faltaría considerar los costos para completar la idea sobre nuestra producción.

Este tema es extremadamente complejo y no lo trataremos en esta oportunidad, diremos solamente que se han localizado dos rubros de marcada incidencia en los costos que son:

1) Riego

2) Cosecha

Sin duda se pueden mejorar sensiblemente y están considerados en nuestro anteproyecto, como veremos:

Se ha realizado también un estudio de insumos y mano de obra comparativo con otras zonas cañeras mundiales y hemos comprobado que no existen disonancias destacadas con nuestra situación, lo que nos hace suponer que los costos elevados que obtenemos en algunas oportunidades pueden estar ocasionados por motivos ajenos a las operaciones agrícolas e industriales.

//

RENDIMIENTO ENERGETICO DE LOS CARBOHIDRATOS

1/ DE LA CAÑA DE AZUCAR *

(RENDIMIENTO EN MILLONES DE KILOCALORIAS)

COMPONENTE	POR TON. DE CAÑA	POR HA. AÑO PROMEDIO MUNDIAL	POR HA. AÑO MAXIMO TEORICO
BIOMASA 2/	1.36	104	515
TALLOS	1.05	59	294
FIBRA	0.61	35	172
SACAROSA	0.41	23	114
GLUCOSA	0.02	1	4
FRUCTOSA	0.01	1	4
ALMIDON	0.0001	0.01	0.04

1/ LOS VALORES PARA LOS PROMEDIOS MUNDIALES Y RENDIMIENTOS TEORICOS MAXIMOS POR HECTAREA POR AÑO ESTAN BASADOS EN 56.5 y 280 TON/HA/AÑO RESPECTIVAMENTE.

2/ BIOMASA SE REFIERE A LA PORCION QUE ESTA SOBRE TIERRA UNICAMENTE.

* VALORES PRESENTADOS POR JAMES E. IRVINE
USDA- SEA- AR- US, SUGARCANE FIELD LABORATORY

NUESTRO PROGRAMA DE ESTUDIOS

Nuestro programa de realizaciones futuras está condicionado a los resultados de dos líneas principales de estudio a las que estamos abocados.

Una de ellas depende fuertemente de los resultados que arrojen las experiencias con sorgo dulce que están siendo realizadas. Básicamente consiste en hacer una entrezafra elaborando etanol a partir del sorgo dulce mientras que durante la zafra de caña lo haríamos a partir de nuestras melazas y a partir de jugo de caña que desviaríamos a destilería.

La otra línea es la de trabajar simultáneamente caña más grano de sorgo granífero previamente sacarificado.

En la entrezafra cañera elaboraríamos grano de sorgo más tallo de sorgo dulce.

La idea de trabajar simultáneamente tallos y grano tiende a lograr que, manteniendo una proporción adecuada, la combustión de la fibra de los tallos suministre gran parte del valor necesario al proceso y los componentes no azúcares del grano, los elementos necesarios para utilizar la vinaza como alimento para ganado.

De esta manera se cubren varios objetivos, como por ejemplo: el de minimizar el problema de eliminación de la vinaza que quedaría resuelto al destinar una parte a la alimentación del ganado y otra a la distribución como fertilizante.

La incorporación del grano, tiene la ventaja de que se puede almacenar dadas sus características de conservación y alto rendimiento en alcohol.

Esta última condición permite absorber un flete mayor que si lo aunamos al hecho de que el cultivo no requiere riego, amplía considerablemente el área de influencia de la destilería.

En las dos alternativas, con la combustión de la fibra y generación de vapor a alta presión y temperatura, creamos también un importante excedente de energía motriz, con el que pretendemos, a través de un sistema de intercambio con UTE, cubrir la demanda de energía para irrigación, que sería asignada a varias obras de riego de carácter zonal, que estarían produciendo la materia prima para ingenio y destilería.

El proyecto está dividido en dos etapas:

En la primera será necesario:

- Ampliar el área de caña de 7.100 hás. a 10.000 hás.
- Sorgo granífero, plantar 6.500 hás.

Producirá:

- Azúcar	33.750 tons.
- Alcohol	18.790 m3
- Cabezas de ganado en engorde	7.800
- MWH	9.900

Para la segunda etapa deberemos:

- Ampliar el área de sorgo granífero de 6500 a 18000 há.
- Plantar sorgo dulce 3500 há.

Producirá:

- Azúcar	33.750 tons.
- Alcohol	33.000 m3
- Cabezas de ganado en engorde	20.000
- MWH	12.500

La realización de este proyecto significará para el país:

En términos de combustibles:

- el 10% del consumo nacional de nafta
  o gran parte del consumo al norte del Río Negro

En términos de energía eléctrica:

- el 100% de la potencia consumida en riego

En azúcar:

- el 33% del consumo nacional

En términos sociales podemos puntualizar que:

- Se utilizan tierras de baja explotación agrícola y ganadera
- Se duplican las fuentes de trabajo actualmente utilizadas por la caña.
- Se elimina el trabajo zafral y sus consecuencias negativas posibilitando la radicación definitiva del operario, lo que por tratarse de una zona fronteriza tiene especial significado.
- Intensifica el polo de desarrollo agroindustrial existente en Bella Unión.

BALANCE ENERGETICO EN KILOS CALORIAS

Producido por ton. de caña transferidos al vapor por combustión de bagazo.....	403.000
Contenidas en el etanol producido.....	307.000
Total producidas	710.000
Consumidas por ton. de caña	
En el Sector agrícola	92.000
En el Sector Industrial	278.000
Total consumidas	370.000
Saldo positivo	
810.000 - 370.000 =	340.000

Por Hectárea por año

Promedio del año 1980

50.7 x 340.000 = 17.230.000

Agricultores 1er. Grupo

70 x 340.000 = 23.800.000

LAS PERSPECTIVAS DE SORGO AZUCARADO COMO CULTIVO ENERGETICO

Ing.Agr. Gustavo Gamundi,
Plan Norione

INTRODUCCION

Entre los cultivos agrícolas capaces de producir materias primas con fines energéticos, podemos mencionar: caña de azúcar, sorgo azucarado, remolacha azucarera, mandioca, batata dulce, boniato, papa, cereales en general, soja, maní, girasol, eucaliptus y otros forestales, etc. En definitiva pueden considerarse cultivos energéticos todos aquellos capaces de producir altos porcentajes de azúcares, almidón, celulosa y aceites.

Es necesario, por supuesto, para que un cultivo pueda ser implantado como fuente energética renovable o biomasa, que el gasto energético en que se incurre para producirlo sea inferior a la energía del producto obtenido o sea que teóricamente el balance energético debe ser positivo.

Dentro de los cultivos mencionados anteriormente creemos que los que mejores posibilidades tienen en el Uruguay son el sorgo azucarado y la forestación en base a eucaliptus.

Como otros participantes se van a referir concretamente al tema forestal, aquí estudiaremos la posibilidad del cultivo del sorgo azucarado en nuestro país.

EL CULTIVO DEL SORGO EN EL URUGUAY

El sorgo (Sorghum bicolor (Linn) Moench) es una gramínea originaria posiblemente de Africa Oriental (Etiopía y Sudán).

Es cultivado como fuente de alimentos para hombres y animales; Puede producir granos para alimentación humana y animal, forrajes para alimentación animal, de su tallo se pueden extraer jugos azucarados para la obtención de azúcares o por fermentación alcohol, algunas variedades como los sorgos de escobas producen fibras para diversos usos. Los residuos de la extracción de jugos o molienda pueden ser quemados para obtener la energía necesaria para el proceso.

Aunque en un principio su cultivo estaba restringido a las áreas de las cuales era originario, los trabajos de introducción, selección y mejoramiento permitieron que poco a poco su cultivo se fuera extendiendo por el mundo, cultivándose actualmente en todos los continentes.

En el Uruguay el cultivo del sorgo comienza a principios de siglo aunque en superficies insignificantes, comenzando a aumentar el área plantada en la década del 50.

A partir de esa fecha comienza a adquirir importancia el cultivo de sudan grass para pastoreo y de feterita para su utilización como heno y ensilaje.

La evolución del cultivo de sorgo granífero y forrajero en nuestro país puede observarse en el siguiente cuadro.

Cuadro 1

Area sembrada de sorgo granífero por quinquenios

Quinquenio	Hectáreas
1949-53	13.834
1954-58	15.724
1959-63	33.005
1964-68	34.831
1969-73	66.994
1977-78	72.529

Fuente: DIEA-MAP.

La superficie máxima que se alcanzó a sembrar fue de 134.220 hectáreas en 1973.

En cuanto a los rendimientos de grano por hectárea obtenidos, los mismos son muy variables, como puede observarse en el siguiente cuadro.

Cuadro 2

Rendimiento en Kg. por hectárea de sorgo granífero en los últimos diez años.

Año	Kg./por Há.	Media Quinquenio	Diferencia
1970	800		
1971	1.336		
1972	1.348	1.362	
1973	2.027		
1974	1.299		
1975	2.021		
1976	1.517		
1977	1.945	1.682	
1978	1.234		
1979	1.692		+ 320

Fuente: DIEA-OPYPA (MAP).

Comparando el rendimiento promedio de los dos quinquenios, se observa una tendencia al aumento de los rendimientos, el cual puede deberse a la contínua introducción de híbridos de mayor potencial productivo.

Las zonas actuales de plantación de sorgo en el Uruguay, se correspon den con la zona cerealera tradicional o sea los departamentos de San José, Colonia, Flores, Soriano, Río Negro y Paysandú.

PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DEL SORGO AZUCARADO EN EL URUGUAY.

El sorgo azucarado posee los mismos requerimientos de suelo y clima que los sorgos graníferos y forrajeros.

Sus principales requerimientos son:

TEMPERATURAS

Período libre de heladas de por lo menos 140 días.
Temperatura mínima para la germinación de 10°C (óptima 18-21°C).
Temperatura mínima para el crecimiento de 15,5°C (óptima 28-30°C).

SUELOS

Puede desarrollarse en cualquier tipo de suelos, aunque como la generalidad de los cultivos se desarrolle mejor en suelos francos, profundos y frescos. Es bastante resistente a la alcalinidad y salinidad y también a condiciones de encharcamiento, siempre que las mismas no sean demasiado prolongadas. Se desarrolla bien en un rango de Ph de 5,5 a 8,5.

AGUA

La planta de sorgo posee diversas características anatómicas y fisiológicas que la hacen muy resistente a las condiciones de sequedad o humedad del suelo.

Su sistema radicular fibroso es muy extenso, posee un ritmo de transpiración muy eficaz y características foliares similares a la de las plantas xerofitas que retardan la pérdida de agua. Estas características son un recubrimiento ceroso que poseen los tallos y hojas, mayor número de estomas y de menor tamaño y capacidad motora de la nervadura central que permite el enrrollamiento de las hojas en condiciones adversas. Puede aún permanecer en estado latente en condiciones adversas de humedad, reanudando el crecimiento una vez que se restablecen las condiciones favorables.

De las experiencias con sorgo azucarado realizadas en el Uruguay, la primera referencia que tenemos es del año 1956 y fue realizada por técnicos de ANCAP, mostrando ventajas comparativas frente al maíz para la producción de alcohol. Posteriormente, CALNU comienza ha realizar ensayos en el año 1975 y siguientes, de los cuales no poseemos resultados y últimamente se han realizado ensayos de evaluación de variedades o cultivares por parte de la Facultad de Ingeniería y Norione y por la Facultad de Agronomía.

En los siguientes cuadros se muestran datos de los rendimientos obtenidos para todos los ensayos realizados en el país de los cuales tenemos datos.

Cuadro 3

Rendimiento en alcohol de 18 variedades de sorgo azucarado realizado en el año 1955/56 por la División Investigaciones Científicas de ANCAP (Elaborado a partir de datos publicados por los autores en la Revista Nº 99 de la Asociación de Ingenieros Agronómos)

Variedad	tt tallos/ha	lt de jugo/ha *	gr de azúcares/lt	azúcares totales Kg/ha	lt de alcohol/ha**
Early Sumac	45.417	27.250	123,3	3.300	1.714
Fremont	41.667	25.000	119,7	2.993	1.526
Ellis	42.708	25.625	133,6	3.424	1.746
Leotired	46.250	25.350	138,3	3.506	1.788
Axtell	50.208	30.124	122,7	3.696	1.885
Atlas	69.250	41.550	112,4	4.670	2.381
Rancher	38.750	23.250	91,7	2.132	1.087
Black Amber	49.583	29.750	108,2	3.219	1.642
Idaho Amber	42.167	25.300	81,0	2.302	1.174
Carson	42.500	25.500	112,3	2.864	1.461
Sart	64.167	38.500	129,1	4.970	2.535
Honey	68.333	41.000	121,2	4.969	2.534
Tracy	76.417	45.850	130,4	5.979	3.049
White African	69.667	41.800	135,3	5.656	2.885
Honey (Texas)	73.667	44.200	131,2	5.799	2.957
Sumac	56.667	34.000	97,0	3.298	1.682
Atlas (Texas)	48.167	28.900	112,2	3.243	1.654
Sourlees (Texas)	51.833	31.100	126,7	3.940	2.009
$\overline{X}$	54.301	32.580	118,7	3.867	1.972

* Eficiencia de extracción de tallo sucio a jugo: 60%

** Eficiencia del proceso industrial de azúcar a alcohol: 51%

Cuadro 4

Rendimiento en alcohol de 11 variedades de sorgo azucarado en Montevideo
(Elaborado a partir de los datos experimentales realizados por la
Facultad de Agronomía en el año 1979/80)

Cultivares	tt tallos sucios/ha	lt jugo/ha *	azúcares totales gr/lt	azúcares totales kg/ha	lt alcohol/ha **
X 4317 (5858)	65,86	39.516	141,01	5.572	2.842
X 4325 (55970)	40,69	24.414	145,42	3.550	1.810
X 4323 (5858)	59,5	35.700	145,29	5.186	2.645
X 4315 (5134)	62,56	37.536	111,01	4.168	2.126
X 4317 (5857)	59,26	35.556	139,11	4.946	2.522
Sorgum Sacharatum	21,76	13.054	147,5	1.925	982
Atlas (Ci 899)	44,33	26.598	173,9	4.625	2.359
Ellis	34,01	20.408	150,0	3.061	1.561
Leoti	49,23	27.846	151,6	4.478	2.284
Rex	38,81	23.288	176,1	4.101	2.092
Sart	34,52	20.714	154,8	3.207	1.636
$\overline{X}$	46,41	27.846	148,7	4.140	2.111

* Eficiencia de extracción de tallo sucio a jugo: 60%

** Eficiencia industrial de azúcar a alcohol: 51%

Cuadro 5

Rendimiento de alcohol por ha a partir de 3 variedades de sorgo azucarado.
Ensayo de sorgo azucarado 1980 - Facultad de Ingeniería - Norione

Variedad	tt de tallos sucios/ha	tt hojas/ha	tt panojas/ha	tt tallos limpios/ha	lt jugo/ha*	azúcar total gr/lt	azúcar total kg/ha	lt alcohol/ha**
Río	61,66	12,14	3,88	45,64	35.599	162,00	5.767	2.941
Roma	51,66	10,74	6,25	34,67	27.042	139,00	3.759	1.917
Ramada	68,33	12,71	3,75	51,87	40.458	203,00	8.212	4.188
$\bar{X}$	60,55	11,86	4,63	44,06	34.367	168,00	5.773	2.994

* Eficiencia de extracción de tallo limpio a jugo: 78%

** Eficiencia del proceso industrial de azúcar a alcohol: 51%

Cuadro 6

Rendimiento en alcohol de 3 variedades de sorgo azucarado en la localidad de Pelotas.
(Extraído de "Resultados do ensaio nacional de sorgo sacarino do ano agrícola 1977/78".
EMBRAPA –Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo)

Variedad	tt de tallos sucios/ha	tt de tallos limpios/ha	lt de jugo * por ha	azúcar total gr/lt	azúcar total kg/ha	lt de alcohol/ha**
Br 500 (Río)	64,00	45,2	35.256	152,5	5.377	2.742
Br 502 (Roma)	66,00	45,6	35.568	148,6	5.285	2.695
Ramada	62,7	48,1	37.518	149,8	5.620	2.866
$\bar{X}$	64,2	46,3	36.114	150,3	5.428	2.768

* Eficiencia de extracción de tallo limpio a jugo: 78%

** Eficiencia del proceso industrial de azúcar a alcohol: 51%

Cuadro 7

Evaluación de 3 variedades de sorgo azucarado cultivado en Rio Farms, Monte Alto, Texas, 1976.

Variedad	tt tallo sucio/ha	tt tallo limpio/ha	tt hojas/ha	tt panojas/ha	tt grano/ha
Río	49,32	38,34	8,41	4,55	1,11
Roma	52,13	39,28	9,66	3,18	0,96
Ramada	63,78	48,76	11,75	3,41	0,98
$\bar{X}$	55,07	41,46	29,82	3,71	1,01

Fuente: Reeves S.A.

BALANCE ENERGETICO

El balance energético es un elemento de decisión cuando se deben evaluar diversas fuentes energéticas alternativas para la obtención de energía.

Debemos estimar cuánto nos cuesta en términos energéticos producir la materia prima y la transformación de la energía solar acumulada por el vegetal en un combustible que se adapte a nuestras necesidades.

El balance consiste entonces en la diferencia entre la energía consumida en todas las etapas del proceso agrícola e industrial y la energía obtenida en el producto resultante.

Para realizar el balance energético del sorgo azucarado tomaremos como base el balance presentado por el Ing. Fariello en el Primer Congreso de Ingeniería Agronómica, al cual le introduciremos algunas modificaciones en el consumo y producción de energía en el proceso industrial, de acuerdo a lo estimado por técnicos de la Facultad de Ingeniería.

Para el consumo agrícola se sigue en líneas generales el método de Ortmaier y Thoma, los cuales consideran el tenor energético de los insumos como componentes del consumo, sumándose también el gasto de energía necesario para la construcción de la maquinaria agrícola.

Cuadro 8

Consumo de energía para la producción de una hectárea de sorgo azucarado

	Kg., Lt. ó U/Há.	Mcal/Kg. ó Lt.	Mcal/Há.	%
Fertilizantes N	80	19.01	1.520.8	51.58
P_2O_5	60	3.35	201.0	6.82
Semilla	10	1.8	18.0	0.61
Herbicidas	1,5	23.92	35.9	1.22
Combustible	67.57	10.78	728.4	24.7
Maquinaria			444.32	15.07
		TOTAL	2.948.42	100.00

Fuente: Fariello. R.

Si tomamos un rendimiento promedio de 40 tt de tallos limpios por hectárea, vemos que en total se requieren 2.948,42 Mcal por hectárea. Estimando una distancia media de 50 Kms. hasta la planta industrial, y un consumo de 2 Lts. de gas oil por tonelada, debemos sumarle al último resultado 862,4 Mcal por Há., con lo que el total de energía consumido en el proceso para tener una Há. de sorgo puesta en la planta es de 3.810,8 Mcal.

Para continuar nuestro balance, se estimaron los siguientes parámetros:

Rendimiento de 40 tt. de tallo limpio por hectárea.
Porcentaje de extracción de jugos de 78%.
Bagazo residual con 50% de humedad y 1.700 Kcal por kilogramo,220 Kg.
Rendimiento de alcohol por tonelada de caña 64 lts.
Energía total requerida en el proceso industrial para la obtención de un litro de alcohol 4.300 Kcal/Lt.
Consumo de 0,51 Kgs. de bagazo para producir 1 Kg. de vapor de alta presión (30 Kg/cm^2 a 300°C).
Consumo de vapor para producir un Kwh en una turbina de condensación 6,5 Kg. de vapor.

Cuadro 9

Balance energético para la producción de alcohol de sorgo azucarado

Consumo energético	Mcal/Há.	%
Producción agrícola	2.948,4	77,37
Transporte hasta la industria	862,4	22,63
Sub-total	3.810,8	100,00
Proceso industrial	11.008,0	100,00
Energía suministrada por bagazo (6.475 Kg)	-11.008,0	-100,00
Consumo energético total	3.810,8	100,00
Producción energética		
2.560 Lt. etanol (5.050 Kcal/lt)	12.928,0	339,25
Energía eléctrica producida con bagazo sobrante (2.325 Kgs)	602,86	15,82
Total	13.530,86	355,07

De acuerdo a este balance, vemos que por cada unidad de energía empleada en el proceso, obtenemos 3,55 unidades de energía.

Con los resultados obtenidos y en base a algunos supuestos, podemos calcular ahora, cual es la cantidad mínima de alcohol obtenible de una Há. para que el balance se haga 0.

Los supuestos son dos:

1) El consumo energético de la producción agrícola es constante para cualquier producción que se obtenga, o sea 2.948,4 Mcal/Há.

2) El porcentaje de azúcar en la caña es constante.

$$\text{Lt alcohol/Há} = \frac{\text{consumo energético en la producción agrícola}}{\text{producción energética - energía del transporte}}$$

$$\frac{2.948,4}{5.29-0.34} = 596/\text{lt Há o sea } 9,31 \text{ tt de tallo limpio Há.}$$

CONCLUSIONES

De los datos presentados puede deducirse que el sorgo azucarado es un cultivo de perspectivas muy promisorias como fuente de energía renovable para el Uruguay.

A sus características de rusticidad en cuanto a calidad de suelos y resistencia a la sequía, presenta otras ventajas importantes como ser:

Su época de cosecha permitiría una mayor utilización de las instalaciones de los ingenios, al complementarse con los sacarígenos que se cultivan actualmente.

Su bajo costo de implantación con respecto a otros sacarígenos, lo que lo hace atractivo al productor desde el punto de vista económico.

La gran cantidad de variedades de sorgos que existen en el mundo (cerca de 6.000) permiten pensar que la Ingeniería Genética tiene muchísimas posibilidades de trabajar con esta especie y más aún con las variedades azucaradas, las cuales han comenzado a desarrollarse recientemente. O sea que son imprevisibles los resultados que puedan alcanzarse en los próximos años.

Subsisten a pesar de todas estas cualidades, algunas dudas en ciertos aspectos técnicos, por ejemplo:

Cuál es la mejor fecha de siembra.
Cuál es la densidad óptima de plantación.
Cuál es la dosis óptima de fertilizante.
Cuál es la mejor época de cosecha.
Cuál es el mejor método de recolección.

Todas estas interrogantes con el fin de optimizar los rendimientos.

Todas estas dudas o tal vez la mayoría podrán ser esclarecidas cuando

finalicen los ensayos que están realizando conjuntamente en varias zonas del país con las mismas variedades y diseños, varias reparticiones del Estado y empresas privadas.

El fin de estos ensayos es obtener una información concreta que pueda servir de base a futuras investigaciones, lo cual es imprescindible: y a una decisión política que es fundamental para la creación de un programa de agroenergía en el Uruguay.

B I B L I O G R A F I A

BERGERET P.W. Y FERNANDEZ PAOLILLO - "Estudio de diversas variedades de sorgo azucarado y sus posibilidades alcoholígenas". Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos. Año XXV, N° 99 Julio-diciembre 1956.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO - Boletín Técnico N°2, Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino do Ano Agrícola 1977/78.

CMPQ - Avaliação Tecnológica do Alcool Etilico. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnologico. Dezembro 1978.

EMBRAPA - Sorgo Sacarino para Produção de Alcool Sete Lagoas - M.G. Maio 1979.

FARIELLO R. - "Sorgo Azucarado como Cultivo Energético". Primer Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica. Setiembre 1980.

GAMUNDI G.A. Ing. Agr. - Contribución al estudio del cultivo de sorgo azucarado en el Uruguay. Resultado de ensayos de sorgo azucarado 1980. Facultad de Ingeniería. Norione.

MAP - DIEA - Estadísticas agrícolas 1976/77 - 1977/78. Agosto 1979.

MAP - OPYPA - Estadísticas agropecuarias. Setiembre 1980.

MILLER F.R. Dr. - Use of Sorghum to Produce Fermented Energy Sources. Texas Agricultural Experiment Station.

PEREYRA M.I. Ing. Qco. - Estudio de posibilidades de obtención de alcohol anhidro a partir de materias primas renovables para mezclar en la proporción 20% de etanol, 80% de nafta en automotores. Programa 1.17. MIE.

WALL J.S. Y ROSS W. M. - "Producción y Usos del Sorgo" Editorial Hemisferio Sur.

FUNDAMENTACION DE LINEAS DE INVESTIGACION EN SORGOS ALCOHOLIGENOS

Ing. Vicente Trucillo
Centro de Investigaciones
Agrícolas "Alberto Boerger"

El CIAAB inicia este año en la Estación Experimental "La Estanzuela" (EELE) la actividad experimental en materia agroenergética. Esta actividad se centrará en el cultivo de sorgo para producción de alcohol, al ofrecer dicho cultivo algunas ventajas comparativas con respecto a otras fuentes energéticas provenientes de la agricultura. Así, su principal ventaja frente a caña de azúcar lo constituye su amplia adaptación a las condiciones de clima y suelos de nuestro país, en particular por tratarse de una especie subtropical adaptada a la producción de secano.

Independientemente, el sorgo es el productor más eficiente de energía acumulada por fotosíntesis, por unidad de energía consumida. Ofrece un producto fermentable de fácil manejo, con un residuo de molienda o bagazo que puede ser utilizado directamente como fuente de energía para el proceso industrial, posibilitando así un balance energético global positivo del procesamiento. Como ventaja desde el punto de vista práctico, se podrán utilizar los ingenios cañeros ya instalados en el país, evitándose así costosas inversiones adicionales. Además el cultivo no competirá con la caña de azúcar por la maquinaria ya que la ocuparía en una época del año en la cual está ociosa previa a la cosecha de la caña.

Por lo tanto, creemos que el cultivo tiene grandes posibilidades de constituirse en un importante recurso energético, desde el punto de vista agronómico, tan pronto como su viabilidad económica lo permita. Es por ello que deberemos poseer en la citada coyuntura económica una tecnología ajustada a las condiciones propias de nuestro país ya que con el traslado del cultivo puede ser factible un comportamiento biológico inesperado como respuesta a una situación ecológica distinta.

Dentro del conjunto de información necesaria que un agricultor o un técnico asesor debe conocer para instalar y manejar un cultivo, como el de sorgos para producir alcohol, una parte puede ser obtenida de información proveniente de otros países con antecedentes de investigación en el tema, pero la mayoría de las prácticas de manejo deberán ser estudiadas en nuestro país, en nuestras condiciones especiales de producción.

De pretender adoptar directamente los resultados experimentales obtenidos en otras situaciones de producción, tomados como tales, llevarían implícitos altos riesgos de fracaso en la producción, con pérdidas económicas enormemente mayores que la pequeña inversión necesaria para la investigación

nacional en el tema.

Del cúmulo de variables que influyen en el rendimiento del cultivo hemos decidido dar prioridad para analizar en una primera etapa de investigación básica, a aquellos parámetros sobre los cuales creemos que no es factible la extrapolación de información extranjera y así responder a las principales interrogantes que agronómicamente nos podemos formular.

En primer lugar deberemos conocer qué cultivares utilizar. Para tratar de responder a la interrogante hemos instalado un ensayo de introducción de variedades que consta de materiales provenientes de diversas zonas geográficas. A esta introducción de materiales genéticos la consideramos de fundamental importancia porque los diversos materiales suelen comportarse de manera diferente con respecto a su lugar de origen, al operar sobre dichos genotipos las condiciones ambientales especiales de nuestro país.

Se comprenderá entonces que se intente realizar una introducción de materiales tan amplia como sea posible ya que así aumentarán las probabilidades de hallar cultivares que posean adecuadas características para nuestras condiciones de producción.

En cuanto a la elección de cultivares adecuados, la explotación del vigor híbrido aparece como una posibilidad cierta pues la especie presenta una marcada respuesta a la heterosis con incrementos importantes tanto en rendimiento de grano como en desarrollo vegetativo. El híbrido resultante debe ser homocigota para el gen que condiciona la producción de sacarosa, al tener dicho gen acción recesiva, para lo cual se requiere la manifestación de dicho carácter en ambos progenitores. Es así que iniciaremos este año un programa de cruzamientos para la obtención de híbridos entre los materiales más promisorios.

Una segunda interrogante será acerca de la época de siembra óptima a emplear. Se observa que para todos los cultivos en todas las regiones, hay fechas que con más o menos elasticidad condicionan las más altas producciones, decreciendo los rendimientos con adelantos o atraso de las mismas. Aparentemente la producción de sorgo se vería más afectada por atrasos en la siembra, pero éste constituye otro ejemplo de necesidad de investigación nacional.

En la EELE se ha instalado un ensayo específico para evaluar esta variable de manejo con tres genotipos de diferente longitud de ciclo vegetativo en sus lugares de origen. Otro aspecto de la época de siembra es que nos condiciona además, en cierto grado, la época de cosecha, la cual interesa que no interfiera con la de caña de azúcar en esta primera etapa.

Otro factor a dilucidar es el referente al comportamiento de las principales características de producción frente a cambios en la población de plantas y su distribución en el campo. A esos efectos, se instaló un ensayo

en EELE que no sólo definirá poblaciones y distribuciones adecuadas para lograr un aprovechamiento integral del ambiente como luz, agua, nutrientes, sino que permitirá conocer si la maquinaria existente puede ser aprovechada; aspecto de fundamental importancia desde el punto de vista económico.

A priori adoptando distancias cercanas entre plantas se alcanzan rendimientos mayores al aumentar el componente de rendimiento número de tallos por unidad de superficie. Pero ocurre que dichos tallos serán más delgados, por lo cual serán más susceptibles de sufrir vuelco en caso de vientos y lluvias torrenciales tan frecuentes en el país, con el consiguiente detrimento en los rendimientos.

Por el contrario a distancias mayores se obtienen tallos mucho más vigorosos, pero ese aumento en la producción individual no compensa a partir de determinado nivel el descenso en el número de tallos por unidad de superficie y se producen así rendimientos menores por hectárea. Además estos factores de manejo pueden hacer oscilar la calidad del jugo extraído, a través, por ejemplo, de la variación en la relación tallo-hoja y complicar el proceso global.

El sorgo es un cultivo con respuestas muy significativas en rendimiento al agregado de fertilizantes. Pero al mismo tiempo debemos tener claro hasta qué punto resulta económico un aumento en los rendimientos en base a altas dosis de fertilizantes, por lo cual deberemos conocer las curvas de respuesta del cultivo al agregado de diversos nutrientes, con sus respectivas interacciones, si las hubiere.

En lo concerniente a la cosecha y su momento, es un ejemplo de información parcialmente transferible de otros países, al ser una característica inherente a un estado fisiológico de desarrollo del cultivo donde se logran los máximos rendimientos de alcohol, exigiendo solamente una verificación en nuestras condiciones. En esta primera etapa en EELE se encarará solamente la factibilidad de la doble cosecha, con posible fertilización de los rastrojos, aspecto que definiremos sobre la marcha de los ensayos.

Sintéticamente se ha expuesto aquí lo que se investigará este año, luego de lo cual, previo análisis de los primeros resultados se discutirá replantear o no diversas líneas de trabajo, pero ya con una base y experiencia más amplia en el tema.

Tenemos una clara conciencia de que sin el conocimiento adecuado de la tecnología del cultivo, cualquier especulación sobre la factibilidad y desarrollo de programas agroindustriales para la producción de alcohol, se verá arriesgada a un fracaso o a pérdidas económicas que ampliamente justifican la inversión en programas de investigación en esta área.

COORDINACION DE LA INVESTIGACION AGRONOMICA EN SORGO AZUCARADO

Ing. Gonzalo Juambeltz,
Oficina de Programación y
Política Agropecuaria.

El propósito de esta intervención es destacar los esfuerzos que varias Instituciones del País están realizando, con el fin de obtener información acerca de la potencialidad del sorgo azucarado como fuente energética alternativa.

El sorgo azucarado es prácticamente desconocido en el Uruguay por lo que son múltiples los aspectos de su cultivo que requieren investigación agronómica.

Si bien hace dos años que comenzaron los primeros trabajos de investigación sobre el tema y se obtuvieron los primeros resultados, ha sido en 1980 que el interés despertado por el cultivo determinó que varias Instituciones de la esfera oficial y privada manifestaran su propósito de iniciar investigaciones sobre el mismo. Esto significaba una excelente oportunidad para intentar coordinar los esfuerzos, de forma de utilizar más eficientemente los siempre escasos recursos humanos y económicos que se dedican a la investigación agrícola.

Es en esta etapa que, con el apoyo del IICA, se propone la formación de un grupo de trabajo con representantes de las Instituciones interesadas, que brindara la oportunidad a los técnicos de intercambiar opiniones y proponer iniciativas en relación a la próxima temporada de cultivo. Como resultado de las reuniones realizadas se resolvió que las Instituciones intervinientes comprometieran parte de sus recursos para la realización de dos ensayos comunes, lo que significaba contar con una extensa red de localidades de ensayo, cuyos resultados adquirirían entonces mayor significación.

Los ensayos comunes que se instalarán durante la próxima campaña 1980/81 son:

1) Un ensayo de época de siembra con tres variedades.
2) Un ensayo de población de plantas con una variedad.

Estos ensayos se repetirán en cada una de las localidades donde las Instituciones participantes poseen facilidades para investigación. A su vez los resultados obtenidos serán evaluados utilizando una metodología común.

Al mismo tiempo las Instituciones se han comprometido a informar acerca

de los resultados obtenidos en los demás ensayos que realicen, de modo de constituir una especie de banco de información acerca del comportamiento del sorgo azucarado en todo el país.

Para ofrecer una idea de los esfuerzos que el Uruguay destinará este año a la investigación en sorgo azucarado, puede verse en el Cuadro 1 las Instituciones y localidades donde se realizarán ensayos y en el Mapa 1 la localización geográfica de los campos experimentales.

Finalmente, en el Cuadro 2 puede verse el tipo y número de ensayos que las Instituciones realizarán durante la campaña 1980/81. A estos esfuerzos deben sumarse el establecimiento de jardines de introducción de variedades, así como los cultivos que se instalarán con el objeto de realizar pruebas de fábrica.

Es el propósito de las Instituciones y técnicos vinculados a este esfuerzo, continuar coordinando las tareas de investigación durante la próxima campaña y contar ya para el próximo año con un importante volumen de información sobre el sorgo azucarado, de manera de poder avanzar en el trabajo común de ofrecerle al país, en el más corto plazo posible, un conjunto de recomendaciones técnicas que cimenten la expansión del cultivo. De esta manera los esfuerzos realizados contribuirán eficazmente a encontrar soluciones a la problemática energética del país.

Cuadro 1

Instituciones participantes y localidades de ensayo

Campaña 1980/81

ANCAP	El Espinillar	Depto. de Salto
CALNU	Bella Unión	Depto. de Artigas
CIAAB	La Estanzuela	Depto. de Colonia
Facultad de Agronomía	Est. Exp. Daymán	Depto. de Salto
	Est. Exp. Paysandú	Depto. de Paysandú
	Est. Exp. Bañado de Medina	Depto. de Cerro Largo
	Sede Central	Depto. de Montevideo
NORIONE/FAC. INGENIERIA	Villasboas	Depto. de Durazno
	Tacuarembó	Depto. de Tacuarembó
RAUSA	Montes	Depto. de Canelones

Fuente: Instituciones participantes

Cuadro 2

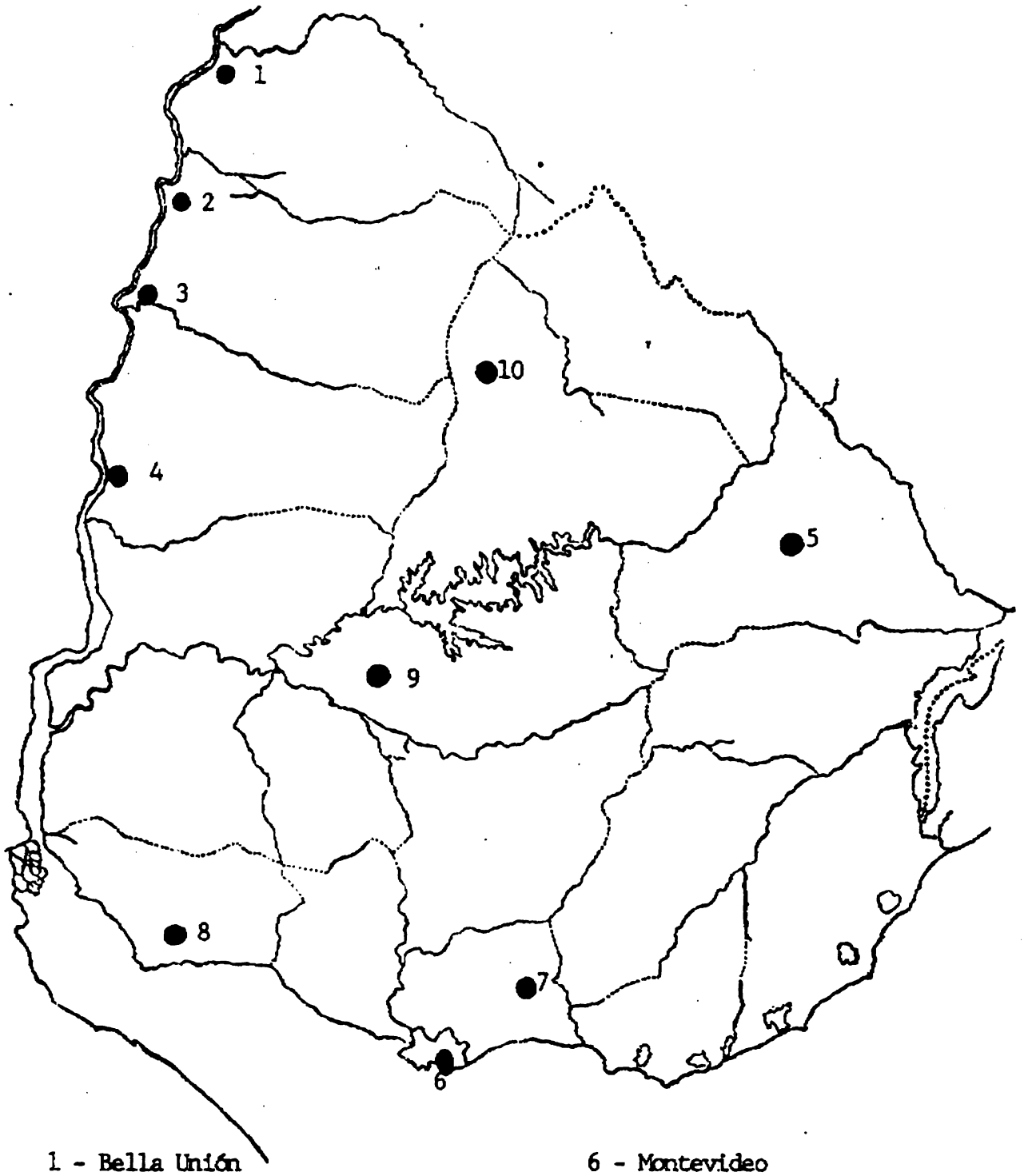
Ensayos de sorgo azucarado - Campaña 1980/81

Tipo de ensayo	Sin riego	Con riego	Total
Variedades	3	1	4
Variedades por época de siembra	7	2	9
Fertilización	3	-	3
Población-Distribución	4	2	6
Momento de cosecha	1	-	1
Repetibilidad del cultivo	1	-	1
TOTAL	19	5	24

Fuente: Instituciones participantes

MAPA 1

Localización geográfica de los ensayos de sorgo azucarado
Campaña 1980/81



1 - Bella Unión
2 - El Espinillar
3 - Dayman
4 - Paysandú
5 - Bañado de Medina
6 - Montevideo
7 - Montes
8 - La Estanzuela
9 - Villasboas
10 - Tacuarembó

Fuente: Instituciones participantes

FORESTACION EN URUGUAY

Ing. Alvaro Larrobla,
Dirección Nacional Forestal

La carta forestal realizada sobre el relevamiento aerofotogramétrico del país del año 1966, revela que existen 608.000 Hás. de bosques naturales, 70.000 Hás. de palmares y 137.000 Hás. de bosques artificiales.

Los bosques naturales del país son algo más extensos de lo que creíamos. Ahora sabemos que son del orden del 3.7%. Esta variación en la apreciación de bosques naturales, a los agrónomos no nos debe extrañar porque sabemos que realmente es muy difícil que los propietarios, a través de las declaraciones de los censos, pudieran dar cifras exactas de áreas muy irregulares en su forma y densidad arbórea. Parece importante conversar acerca de las características de nuestro bosque nativo y el trato que le hemos proporcionado.

Desde que se colonizó el Uruguay, siempre hubo pocos árboles en él. Quizás en las primeras épocas existieran algunas superficies mayores, sobre todo en las sierras, donde posteriormente con el fuego y con el pastoreo se han reducido los montes. Es mi opinión personal, que los bosques llamados de "Galería" sobre las costas de los ríos, no han decrecido mucho en su superficie, en virtud de la gran potencia regeneradora que ellos tienen. Otras áreas que se han reducido en parte corresponden a un bosque algo especial que tenemos en el litoral, que Uds. también conocen, que es un bosque denominado "parque", que se extiende desde los bordes del Río Uruguay y bajo Río Negro y se va internando dentro de la pradera. Allí la incidencia de la agricultura sustrajo alguna de estas superficies, pero también ese tipo de bosque nativo es de fuerte arraigamiento y aunque no se recompone con las mismas especies con que estaba constituído originalmente, tiende nuevamente a reinstalarse.

En una palabra el bosque nuestro que encontraron los colonizadores era un bosque de escasa superficie y con relativa poca utilidad para la vida común de ellos. Por lo tanto acá, en nuestro país, desde el principio se consumieron productos forestales importados. Para lo único que se usó el monte criollo fue como leña; para uso en instalaciones y viviendas rurales y de manera, digamos esporádica, sacando algunos ejemplares buenos para madera aserrada. En general este uso fue realmente muy reducido. Por consiguiente los colonizadores continuaron con las costumbres que trajeron de Europa.

Nuestros antepasados, casi todos son españoles o italianos, grandes depredadores de bosques y aquí siguieron con el mismo mecanismo antiguo de la quema para "hacer" campo; una vieja tradición española.

¿Qué podemos pensar acerca del valor de ese bosque natural y qué podemos hacer con él?

El valor sustancial es: primero como retentor de limos; vale decir como regulador para la escorrestía de las aguas, que en nuestro país caen muchas veces en forma torrencial y por tanto como un control para la erosión. Otro valor muy importante que él tiene, es como refugio de la fauna silvestre.

Nuestro campo que es tan accesible a la presencia humana en casi toda su extensión mantiene como relictos de refugios para la fauna, los montes criollos, que son los pocos lugares donde las especies nativas se pueden defender de la depredación que nosotros le provocamos.

Otro valor, es el valor paisajístico, que habitualmente nosotros, los uruguayos, no se lo damos, y que ha sido reconocido especialmente para la consideración de los palmares. Por eso yo les dí las cifras separadas en el principio de esta charla. Ese reconocimiento de que la masa de palmas tiene un valor paisajístico especial ha sido recalcado por especialistas de todo el mundo y por eso mismo en la Ley Forestal se le dió un tratamiento especial.

¿Qué podemos hacer con el monte criollo?

El monte criollo fue objeto de la depredación más importante en oportunidad de la 2da. guerra por el problema de la escasez de combustibles; algo parecido a lo que motiva nuestra reunión de hoy. En este momento al aumentar las presiones sobre el monte también hay posibilidades de que se le siga haciendo daño.

Lo que tenemos que hacer entonces, es proteger ese monte nativo y mantenerlo para que siga produciendo esos efectos de retención de limos y de refugio de fauna y de valor paisajístico que no son sustituibles de ninguna otra manera.

¿Qué pasa con los bosques artificiales, con esas 137.000 Hás. de bosques artificiales que había en el 66? Quizás ahora haya unas 25.000 Has. más. Esos bosques fueron instalados esencialmente como servicio para la ganadería.

El Cuadro I que está acá, muestra el número total de los bosques que surgen de la Carta Forestal, son 50.000 y pocos bosques. Nosotros los separamos en categorías: de1/4 de Há., de 1/2,de 1 Há., de 2 Has., de 3 Hás., de 4 Hás., entre 4 y 10 Hás. y mayores de 10 Hás. Si sumamos el número de bosques hasta 4 Hás., componen el 93% de todos los bosques. Uds. me van a decir que eso no tiene importancia en relación con la superficie que ellos ocupan y eso es verdad, pero lo que yo quiero que se observe en este cuadro no es la superficie correlativa a cada estrato sino el hecho de que hubo 50.000 oportunidades en que nosotros, los uruguayos, nos decidimos a plantar árboles y de ésas, más del 93% fueron como servicio para la ganadería. Ese servicio

para la ganadería lo cumplen pequeñas islas de árboles que están muy separadas en todo el territorio nacional, por su propia forma y función son de aspecto general muy ramudo, abiertos al pastoreo y por tanto poseen características que desde el punto de vista forestal propiamente dicho inciden para que tengan un escasísimo valor maderero y por tanto económico. Al estar compuestos por mezclas de especies ramudas y tener poca superficie, también tienen poco volúmen maderable; por tanto, los compradores de madera han pagado tradicionalmente muy poco por ellos. Se ha planteado un círculo vicioso. Lo que producían estos pequeños bosques no alentaba a aquellos que los habían plantado, a forestar nuevas áreas; por lo contrario, todavía sigue siendo muy importante en nuestra campaña la idea de no restar campo a la ganadería. Tal como se pretende ganar campo con el fuego, los productores no quieren sustraerle a la ganadería ninguna superficie para ocuparla con árboles y por lo tanto es muy difícil convencerlos que puede resultar más rentable cierto tipo de explotación forestal.

¿Qué beneficios se obtienen de estos bosques pequeños y dispersos?

El primero y sustancial es la sombra y abrigo para el ganado; además localmente se usan para postería y piques de uso rural. Fíjense a qué extremo llega el prejuicio acerca de la madera nacional, que Uds. conocen bien que hasta hace relativamente pocos años, se importaban los postes de madera dura del Paraguay e incluso se llegaba a poner piquería de lapacho, también importada, cuando lo que se hace en el país con las maderas nuestras hoy se reconoce que es excelente y perfectamente durable. También esas pequeñas masas se usan habitualmente como combustible doméstico y circunstancialmente con fines comerciales. Por tanto insisto, todas esas circunstancias determinaron un valor insignificante que poco incentivaba a realizar nuevas plantaciones.

¿Qué circunstancias modificaron ese esquema donde la explotación forestal ha sido de servicio? Aquí tengo que hacer una pequeña disgregación, porque Uds. pueden pensar que también hay otros bosques que no son exclusivamente para ganadería. Eso es cierto y la gente que los instaló, los instaló en lugares poco aptos para la ganadería, lo que demuestra hasta qué extremo llega la preeminencia de la mentalidad ganadera, que aún cuando la gente quiso hacer bosques, lo primero que eligió fueron terrenos que no sirvieran para la ganadería. No se forestó por la rentabilidad de los bosques en sí mismos sino que se empezó diciendo; lo que no sirve para la ganadería sirve para los bosques y por tanto se plantaron las arenas del litoral y algunos productores hicieron esfuerzos en bañados. Insisto nuevamente en que aún esa gente que hizo inversiones forestales prejuzgaba interiormente que había que hacerlas en un lugar donde no prosperara el ganado. Esto es una cuestión bastante particular de nuestro país y algunos técnicos internacionales lo han señalado. Yo me acuerdo particularmente de un técnico israelí de F.A.O., el Ing. Goor que hace muchos años se asombraba de esa característica y decía "por qué no plantan en los mejores terrenos". Realmente faltaba hacer todo el estudio económico que lo justificara y sacudirnos del prejuicio ganadero que todos tenemos.

Volviendo al planteo anterior, ¿qué circunstancias modificaron algo esta situación que les he descripto?.

La primer circunstancia importante fue la escasez de combustible en la Segunda Guerra Mundial. Eso aparejó dos resultados el primero: el corte de los montes naturales. Esto fue importante, en volumen y superficie incluso se llegó a cortar el Rincón de los Gauchos, que algunos de Uds. conocerán, que es la masa más grande que queda de monte criollo en el Uruguay, en la confluencia de los ríos Queguay Grande y Queguay Chico. El segundo fue el desarrollo de plantaciones en las Sierras de Minas. Allí se inició una forestación con vistas a su aprovechamiento maderero. El ejemplo menor es el de Don Brígido Diano que plantó más de 2.000 Hás. en los cerros y fue imitado por unos cuantos productores. Pero la segunda Guerra terminó y todos esos montes volvieron a no valer casi nada, como pasaba antes, de modo que decayó su precio y la gente siguió en esa molicie de no plantar más.

Otra circunstancia que ha alterado de alguna manera este panorama que yo les describo, es la sanción de la Ley Forestal que se realizó en el año 1968 seguida por toda una serie de decretos posteriores que vinieron a complementarla.

La Ley Forestal que se sancionó en el Uruguay no fue el primer proyecto que se estudió sino que durante muchos años hubo diversos proyectos a consideración. Finalmente se sancionó ése que era un proyecto realista, tomado de los ejemplos de los países vecinos y desde el momento que se redactó, sustancialmente basaba los posibles resultados en dos incentivos. Uno de ellos son concesiones impositivas, vale decir beneficios tributarios, y el otro consistía en poner en marcha líneas de créditos para forestación.

El cuadro N°II muestra claramente que aún hoy, hay una zona enorme del país donde los productores ni siquiera se preocupan por hacer efectivos los beneficios que la ley les otorga, no se molestan en recibir los beneficios que establece la ley. A ese extremo llega el desprecio o la falta de receptividad por el tema forestal. Otras dificultades se plantean en algunos departamentos del país donde todavía no se reconoce la validez de alguno de esos beneficios, cuyo caso más notorio es la Contribución Inmobiliaria que se recauda por las Intendencias. Todavía algunos departamentos tienen tesis jurídicas por las cuales no aplican ese beneficio. Quiero decirles entonces, que no nos podemos engañar cuando hablamos de árboles entre nosotros los forestales. En general la gente se resiste a la forestación.

Desde que se sancionó la Ley Forestal, la Dirección Forestal, con conocimiento de estos problemas que yo les explico a Uds., pretendió, como sigue pretendiendo modificar esas circunstancias y por eso fue que se tomaron una serie de medidas que sustancialmente pretenden que los productores comprendan los beneficios de la forestación y la pongan en práctica.

A efectos de que los bosques, que actualmente son tan dispersos se fueran concentrando, se determinaron tres zonas de prioridad forestal, dentro de las cuales los productores reciben la mayoría de los beneficios. Eso se logró a juicio de la Dirección Forestal, lentamente pero de manera continuada, a partir del decreto que permitió la reinversión de impuestos. Veamos la respuesta de los productores. Se sancionó en diciembre del 74 el régimen de deducción de IMPROME y en el año 1975 se forestaron 1.836 Hás., en el año 76 se plantaron 2.911 y en el 77, 4.280 Hás. En el año 1978 teníamos en la Dirección Forestal proyectos para 5.857 Has., que demostrarán las intenciones que tenían los productores de invertir ese año. Pero en este año se empezó a hablar de la reforma tributaria y que se iban a quitar los mecanismos de reinversión. Entonces el resultado real de la plantación del año 1978 fueron 2.664 Hás.

Tenían proyectado plantar 5.857 Hás. y como ven Uds., la inversión se vino abajo. Estuvieron muy bien los productores haciendo eso, porque como la reforma tributaria se aprobó con carácter retroactivo, resulta que los que plantaron esas 2.664 Hás. además tienen que pagar el impuesto. En una palabra, se les cambió un beneficio por un castigo. Para el año pasado 79, siguió la curva descendente, se plantaron solamente 1.816 Hás. La gente seguía plantando porque se aprovechaban las plantas que quedaban en los viveros y las tierras y los equipos ya preparados. La forestación no se hace de un día para otro. Del año 80 no les quise traer datos porque no son todavía fieles por cuanto la gente declara los bosques con bastante posterioridad; pero hasta ahora no tenemos en la Dirección Forestal más de 3 ó 4 productores que hayan manifestado que plantaron árboles durante este año.

Esto pone de manifesto que la forestación, en términos generales, para nuestros productores es una tarea lateral, que si no se hace bajo el signo de una amplia protección, definitivamente no se hace.

Queda para comentar como una cosa distinta, la forestación realizada por otro tipo de inversores. En relación con esto quería decirles que otra de las circunstancias que cambiaron el panorama nacional, fue la incidencia de la Fábrica Nacional de Papel. A partir del año 1974 cuando cambió su proceso de producción de papel, la fábrica nacional comenzó a plantar y a comprar Eucaliptus. Era toda esa masa que yo les contaba que después de la Segunda Guerra Mundial prácticamente no tenía colocación, era totalmente excedentaria. La incidencia de la Fábrica Nacional de Papel fue motivadora de que esas masas empezaran a cobrar nuevamente valor. Hoy en día ya tenemos la evidencia de que por las razones de uso energético existen empresas de industrias que están cambiando sus calderas y por tanto van a seguir incidiendo en la incentivación de este tipo de bosques. No quiero extenderme en este tema porque es propio de los técnicos que van a disertar después, sino darles entonces un panorama general o un resumen general que es el siguiente.

El Uruguay es un país que nunca tuvo bosques importantes, está poblado por nosotros que somos depredadores de bosques con honrosas excepciones,y naturalmente eso forma un contexto cultural que también se extiende en todas las formas del uso de las maderas. Los carpinteros hasta hace muy poco se resistían enormemente a trabajar las maderas nacionales. Los consumidores también buscan maderas exóticas. Quiere decir que no nos debe extrañar que aunque no se haya manifestado una buena disposición hacia el tema desde hace muchos años, finalmente no se hayan concretado medidas realmente de apoyo. Los ejemplos más críticos son que la Ley Forestal vivió desde 1968 hasta hoy sin que siquiera se votaran fondos para el crédito forestal y ya ven Uds. lo que pasó con la parte de exoneración impositiva.

Esa marcha atrás ha provocado una vuelta a foja cero. Creo, lo digo esto a título personal, que el tratamiento de la forestación ha llegado a un tal grado extremo de desamparo que terminará provocando algún resultado positivo, porque ya existe mucha gente sensibilizada con el problema y hay en distintos sectores quiénes trabajan con entusiasmo para que esta situación se modifique. Mi esperanza como forestal es que, entre todos, podamos modificarla.

Cuadro I

Bosques artificiales en R.O.U.
discriminados por superficie

Superficie del monte Há.	Nº de montes	%	% acumulado	Total de Há.	%	% acumulado
1/4	13.306	25.23	25.23	3.326.50	2.39	2.39
1/2	9.437	17.89	43.12	4.718.50	3.40	5.79
1	16.350	31.00	74.12	16.350.00	11.76	17.55
2	6.219	11.79	85.91	12.438.00	8.95	26.50
3	1.686	3.20	89.11	5.058.00	3.64	30.14
4	2.086	3.95	93.06	8.344.00	6.00	36.14
4-10	2.124	4.03	97.09	14.868.00	10.70	46.84
10-25	982	1.86	98.95	17.185.00	12.37	59.21
25-50	315	0.60	99.55	11.812.50	8.50	67.71
> 50	240	0.46	100.00	44.880.00	32.29	100.00
	52.745	100.00		138.980.50	100.00	

Cuadro II

Departamento	Superficie en Hás. bosques naturales			Superficie en Hás. bosques artificiales		
	Total inscriptos en registro. Julio 1980	Total inventario forestal 1966/67	Relación %	Total inscriptos en registros. Julio 1980	Total inventario forestal 1966/67	Relación %
Artigas	21.048,5	58.282,0*	36,11	995,75	7.358,0	13,[illegible]
Salto	13.254,8	56.288,0	23,55	419,0	4.740,0	8,[illegible]
Paysandú	30.783,852	56.086,0*	54,89	8.450,55	8.914,0	94,[illegible]
Río Negro	27.567,3	33.660,0	81,90	6.101,3	7.447,0	81,[illegible]
Soriano	21.357,4	31.507,0	67,79	2.328,8	5.915,0	39,[illegible]
Colonia	2.077,6	18.972,0	10,95	774,65	4.933,0	15,[illegible]
Rivera	9.127,2	42.482,0	21,48	772,75	5.614,0	13,[illegible]
Tacuarembó	27.327,6	94.003,0	29,07	1.998,85	8.432,0	23,[illegible]
Durazno	5.421,3	18.461,0	29,37	934,90	6.271,0	14,[illegible]
Flores	1.112,5	6.150,0	18,09	214,35	3.400,0	6,[illegible]
Florida	5.201,5	19.308,0	26,94	2.789,74	8.233,0	33,[illegible]
Cerro Largo	13.757,6	46.964,0	29,29	859.981,3	5.023,0	17,[illegible]
Treinta y Tres	9.288,1713	29.196,0*	31,82	399,9	3.486,0	11,[illegible]
Cavalleja	10.493,5	32.955,0	31,84	1.451,5	6.105,0	23,[illegible]
Rocha	4.477,5259	23.176,0*	19,32	1.621,6	10.917,0	14,[illegible]
Maldonado	3.005,5	16.244,0	18,50	2.340,0	10.503,0	22,[illegible]
San José	4.571,0	14.268,0	32,04	3.714,07 33	5.741,0	64,[illegible]
Canelones	831,4333	10.195,0	8,16	4.833,9382	22.937,0	21,[illegible]
Montevideo	13,3	362,0	3,67	352	1.583,0	22,[illegible]
Total	210.717,57	608.559,0	34,63	41.353,63	137.552,0	30,[illegible]

* no incluye palmares.

PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCION FORESTAL CON FINES ENERGETICOS .

Ing. Rosario Pou Ferrari,
Dirección Nacional de Energía.

1. Introducción.

Remontándonos a los orígenes de la civilización, una de las características que más diferenció al "homo-sapiens" de los animales, fue su capacidad para usar el fuego como fuente de energía. Esto le era indispensable, para mantener su comida, protegerse del frío y de animales peligrosos, y así comenzó a depender, gradualmente, de la combustión de materiales leñosos para facilitar su sistema de vida. Esta dependencia, trajo consigo, la destrucción total o parcial, de los bosques próximos a las diferentes poblaciones.

La transformación del aprovechamiento energético maderero a hullero, tuvo lugar en un período breve (30-50 años) en el siglo XVI, en Gran Bretaña, dado que la oferta de madera, como consecuencia del impulso de industrias como la siderúrgica, fábricas de vidrio y ladrillos, no fue capaz de satisfacer la creciente demanda de energía. Este cambio radical, provocó grandes trastornos económicos y sociales.

Desde ese entonces, las desventajas de la leña (escaso valor calorífico en relación con volumen) han sido superiores a sus ventajas (renovabilidad, simplicidad de la cosecha y combustión).

Actualmente, a nivel nacional y mundial, la madera no constituye una fuente directa importante de energía; sin embargo, luego de la crisis de 1973, la situación del consumo de madera con fines energéticos, ha sufrido algunas variantes.

En U.S.A., el consumo de este material como combustible aumentó un 9% en 1976, y un 16% en 1977.

En Francia, en 1977 un 46% de la energía doméstica de las explotaciones agrícolas, provenía de la madera.

A nivel mundial, se estima que más de la mitad de la madera producida en el mundo, se utiliza como combustible.

La importancia de las talas indiscriminadas de bosques es tal, que la Revista Newsweek, del 6 de octubre, cita una frase de un técnico de la Agencia Internacional para el Desarrollo: "La crisis energética real de hoy día, no reside en el petróleo sino la madera, y nadie podrá escapar a los efectos de una tierra sin bosques."

A partir de 1973, se han realizado numerosos esfuerzos por aprovechar el máximo de potencial de energía solar incidente; los bosques, constituyen uno de los medios más eficientes de captación y almacenamiento de esta energía.

Estudios realizados en U.S.A., concluyeron que la combustión de 3 ton/há. de materia seca, provee 64 x 10^6 Kcal/há., lo que significa una eficiencia de aprovechamiento de un 0,64% de la radiación solar total a nivel de la superficie del suelo.

La presión de explotación de bosques con fines industriales y energéticos que hemos citado, ha llevado a desarrollar técnicas de producción de madera en turnos muy cortos de aprovechamiento. Es así que en Irlanda, en 1976 se comenzó a trabajar en "forestación de bosques energéticos". Suecia comenzó, en 1975, estudios para implantar un sistema energético forestal, mereciendo, los estudios previos realizados, la calificación de "emergencia".

Ante la actual coyuntura energética, con los antecedentes que hemos mencionado analizaremos, a continuación, el potencial productivo que presenta nuestro país, en esta materia.

2. Suelos

En 1971, el Poder Ejecutivo estableció como Zonas de Prioridad Forestal, aquellas de suelos calificados como 7,8 y 9 en la clasificación de suelos de CIDE (praderas arenosas de baja fertilidad natural). En esta Zona, se nucleaban aproximadamente 1.300.000 hás. en los departamentos de Paysandú, Río Negro, Tacuarembó, Rivera, Durazno, Cerro Largo y Soriano, principalmente. Tomando como base la Carta de Reconocimiento de Suelos de Uruguay, publicada en 1976, el Proyecto OEA/PDE "Asistencia Técnica directa a SEPLACODI", realizó en 1979 una evaluación del potencial productivo de las tierras.

En materia forestal, las clasifica en:

(a) Tierras aptas para forestación.

(b) Tierras aptas para forestación asociada con tierras moderadas aptas.

(c) Tierras moderadamente aptas para forestación.

La baja fertilidad natural y el alto riesgo de erosión de los 2 primeros grupos, los señala como netamente forestales, dado que a estas características, se suma la alta productividad de madera (regosoles arenosos). Estos grupos se dividieron, dado que el primero presenta dominancia de tierras con estas características, mientras que el segundo presenta asociado a los suelos forestales, otros de alta productividad agrícola-ganadera.

El tercer grupo, está constituído por suelos superficiales o moderadamente profundos, litosoles y regosoles con subsuelo fragmentado (serranías no basálticas); en este caso, la productividad maderera es menor, las operaciones de plantación del bosque y extracción de la madera son más costosas y trabajosas, pero el suelo es igualmente poco fértil y menos apto para otro tipo de explotación. Asimismo, la cercanía con el mercado consumidor incentiva la explotación forestal en este grupo.

Estas áreas, que comprenden aproximadamente 5.000.000 de hás. constituyen aproximadamente un 29% de las tierras aptas para producción agropecuaria en comparación con menos del 1% del área destinada actualmente, a esta actividad.

Debemos señalar que existen, además, grandes extensiones de suelos afectados por procesos erosivos muy intensos. 259.779 hás. calificadas como de erosión severa y 1.202.380 hás. calificadas como de erosión moderada que en muchos casos ya no pueden dedicarse a la actividad agrícola, y que sin embargo, presentan un buen potencial forestal.

3. Potencial Productivo

En plantaciones existentes (cifras correspondientes a 1967), existe una productividad anual de:

2.260.000 m^3 de madera de eucalyptus (equivalente rollizo)
400.000 m^3 de madera de pino (equivalente rollizo)
240.000 m^3 de madera salicaceas (equivalente rollizo)

El bosque nativo que cubre un área de 600.000 hás., si bien presenta un alto potencial productivo, debe protegerse y mantenerse, propendiendo al equilibrio ecológico de estas masas.

Entre las especies cultivadas, si bien todas presentan un buen potencial de aprovechamiento con fines energéticos, son las especies del género Eucalyptus las que se muestran como más promisorias.

Estas especies, presentan caracteres que las hacen atractivas para el aprovechamiento con fines energéticos dado que:

- tienen un rápido crecimiento
- presentan gran facilidad de rebrote y larga vida útil
- las características de su madera, aseguran un rendimiento calorífico aceptable
- se adaptan a gran variedad de suelos y climas

De las 60 especies que se han introducido a Uruguay, existen unas 10 que presentan excelentes signos de adaptación, y que vienen siendo ensayadas desde hace más de 20 años, en lo que respecta a comportamiento, respuesta a diferentes tipos de manejo, y mejoramiento.

Las que fueron introducidas primeramente, y de las que por tanto, se cuenta con mayor información en nuestro país, son los Eucaliptus globulus ("e blanco"); tereticornis y rostrata ("colorados") saligna y grandis.

Se estima el área forestada con estas especies, en 120.000.000 hás., no existiendo información sobre qué área corresponde a bosques de régimen fustal, y qué

área, a regimen tallar. De ellos, más del 80% fue plantado con el objetivo de prestar servicios a la producción agropecuaria, y por tanto, tienen un rendimiento maderero reltaivamente bajo (15-20 m^3/há/año).

Las otras especies con posibilidades de aprovechamiento, para otro tipo de suelos son: E. Maidenii, bosistoana, resinifera, Smithii, botryoides.

Una buena planificación de aprovechamiento de los recursos suelo-clima-especie, involucran la elección de material a reproducir de calidad, de acuerdo al sitio forestal, así como la aplicación de tecnología acorde con las metas propuestas. Plantaciones realizadas bajo esta forma, han conducido a un aumento sustancial del rendimiento maderero, habiéndose obtenido 35 m^3/há/año en plantaciones comerciales, y hasta 46 m^3/há/año en plantaciones experimentales.

La secuencia de diapositivas que presentamos corresponden a E. grandis plantados en praderas arenosas del departamento de Durazno. A los 4 meses de plantados presentaban una altura promedio de 70 cm.; a los 6 meses más de 2 m al año y 4 meses 3 m 50; a los 3 años, 10 m y 13 cm DAP; actualmente, a los 4 años, presentan una altura promedio de 14 m y DAP de 17 cm. Se cree factible aplicar en el país las técnicas de producción de "bosques energéticos" con ciclos cortos (3-7 años) y explotación también cada 3-7 años. La experiencia de otros países indica que, utilizando las técnicas citadas, se aumenta el incremento anual, más de 3 veces, y que aún se puede aumentar esta cifra 12 veces más en 1 ó 2 décadas mediante progresos en selección genética y tecnología.

En Brasil, las experiencias realizadas indican un espaciamiento óptimo (desde el punto de vista productivo) de 1,0 m x 1,5 m para Eucalyptus grandis en períodos de corta inferiores a 3 años. En Suecia, se obtiene materia prima a partir de Sauces plantados a espaciamientos de 1m x 1m, en períodos de corta más de 10 veces inferiores a los normalmente usados.

En U.S.A., con espaciamientos de 1,2 x 1,2 m, realizan la corta a los 3 - 5 años.

Dado que esta experiencia se ha realizado sobre especies que presentan la característica de rebrotar; estos rebrotes pueden ser nuevamente cortados cada 3 - 5 años, repitiéndose este ciclo, muchas veces.

El cuadro, presenta algunos valores indicados para plantaciones energéticas, correspondiente a U.S.A.:

Rendimientos en madera/año	7.5 - 35 ton/há.
Valor energético /año (a)	35 - 165 x 10^6 Kcal/há.
Valor energético/peso seco	4.77 x 10^6 Kcal/ton.

(a) Energía neta (energía combustible en chips menos el combustible consumido por cosecha, chipeado y transporte) constituye el 99.85% del rendimiento energético total.

Dado que se está tratando el tema de plantaciones con fines energéticos, nuestro criterio económico de producción, altamente vinculado al desarrollo fisiológico es diferente del aplicado en otras explotaciones forestales.

Para decidir en qué momento se ha llegado al primer ciclo de corta, debemos considerar que, inicialmente, las plantaciones recientemente establecidas, consisten de brotes solitarios. Durante el primer año, y bajo circunstancias favorables, crecen más de 2 m. en altura; luego del segundo año, el crecimiento en altura se reduce con respecto al desarrollo de las ramificaciones laterales y del diámetro del tallo. De esta forma, las ramas laterales cubren el espacio de copas, o vuelo del bosque, sombreando gran parte del suelo. Durante el tercer año la cobertura de copas es casi total; la competencia por luz aumenta el incremento en altura y ramas, y la cobertura de copas se hace total. En este momento el incremento anual de biomasa no va a proseguir al mismo ritmo, y las futuras ganancias van a volverse lineales. Es en ese momento que deberán ser cosechadas como combustible, porque no sólo la curva de incremento maderero anual comienza a aplanarse, sino el rendimiento en rebrotes para la mayor productividad en el próximo ciclo de estas cepas pequeño diámetro, va a ser la mayor.

La decisión será tomada, sin duda por el estudio de los factores determinados en la economía de producción:

(1) disponibilidad de tierras y costo
(2) rendimiento de biomasa

Actualmente, la investigación está centrada en la determinación de los mejores orígenes y selección genética de aquellas variedades de probada adaptación; el mejoramiento de las técnicas de producción de plantas e implantación del bosque y el ensayo de aquellas otras especies que se sitúan como promisorias, en sitios donde no existe experiencia sobre su comportamiento.

Al respecto, cabe señalar, los ensayos que viene realizando el Departamento Forestal de la Facultad de Agronomía, y el Proyecto "Valentines" del Ministerio de Industria y Energía. En aspectos tecnológicos, se están estudiando las cualidades de estas maderas para fabricación de carbón o utilización como combustible.

Se deberá centrar la atención en la optimización productiva y económica de la producción forestal; para ello, es indispensable el manejo correcto de los "bosques energéticos"; conocimiento de los sitios y producciones; perfeccionamiento de los sistemas de producción de plantas en vivero y de los métodos de plantación; estudio de los métodos más eficientes de explotación, transformación y transporte.

Estos factores determinarán el resultado positivo del balance energético de la producción forestal; también harán que la oferta se ponga a la altura de la creciente demanda de energía.

4. Conclusiones y recomendaciones.

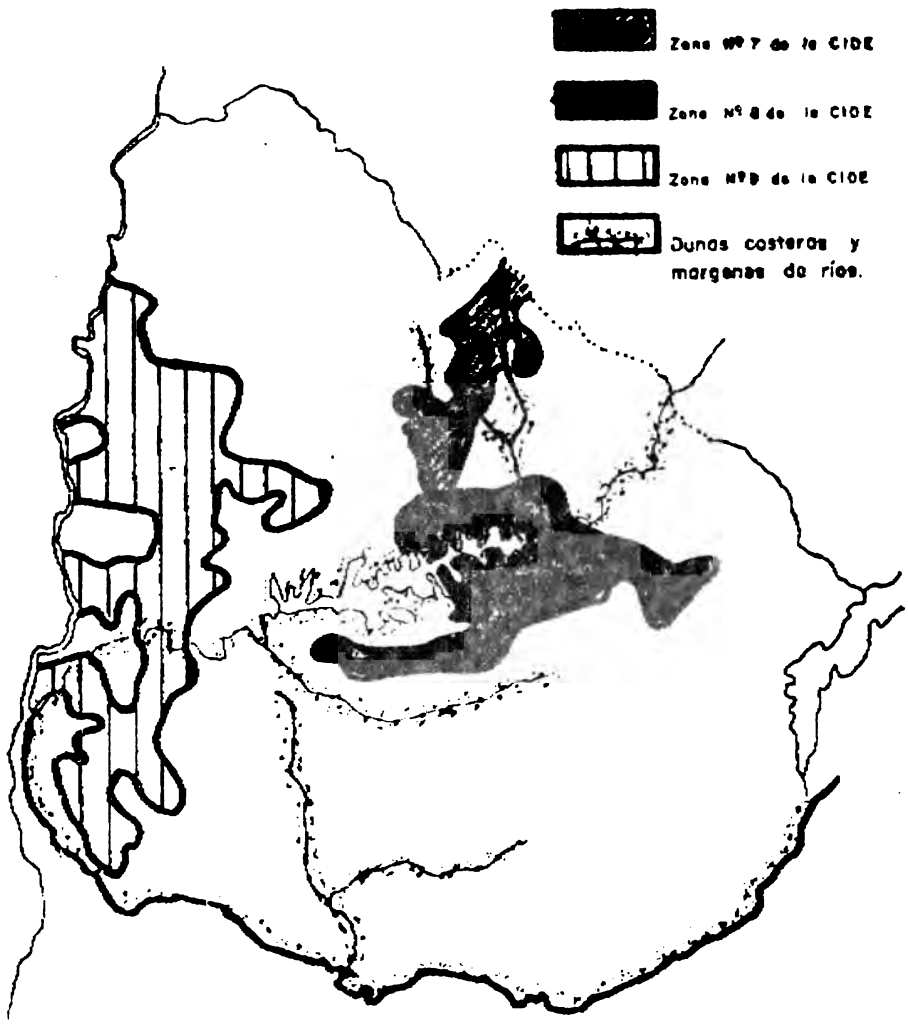
Para finalizar, y considerando su validez y vigencia, nos referimos, a las conclusiones y recomendaciones que, en materia forestal, fueran realizadas en el Informe del Proyecto OEA/PDR. Asistencia Técnica al Departamento de Planeamiento Regional de SEPLACODI.

Uruguay debe encarar un programa agresivo de aprovechamiento y conservación del recurso maderero, así como de incremento en la formación de las zonas más aptas. Existe experiencia y tecnologías nacionales, formación de personal técnico y semitécnico que harán posible el desarrollo de este sector.

Se debe prever la formación de bosques con fines energéticos; las condiciones de suelo y clima, así como la experiencia en lo referente a cultivo de especies de rápido crecimiento, hacen pronosticar, para Uruguay, turnos de explotación no mayores a 4-5 años.

De lograr este objetivo, no sólo se obtendrá un uso más racional de las tierras sino que se logrará un importante ahorro de divisas, mayor independencia con respecto a incertidumbre en el mercado exportador y gran ocupación de mano de obra vinculada directa o indirectamente con el sector.

Es importante destacar también la necesidad de conservar los recursos naturales que, como los bosques protectores ejercen un enorme efecto benéfico sobre el medio ambiente; la crisis energética podría llevar, como sucedió durante la Segunda Guerra Mundial, a una tala indiscriminada de estos bosques.



ZONAS DE PRIORIDAD FORESTAL

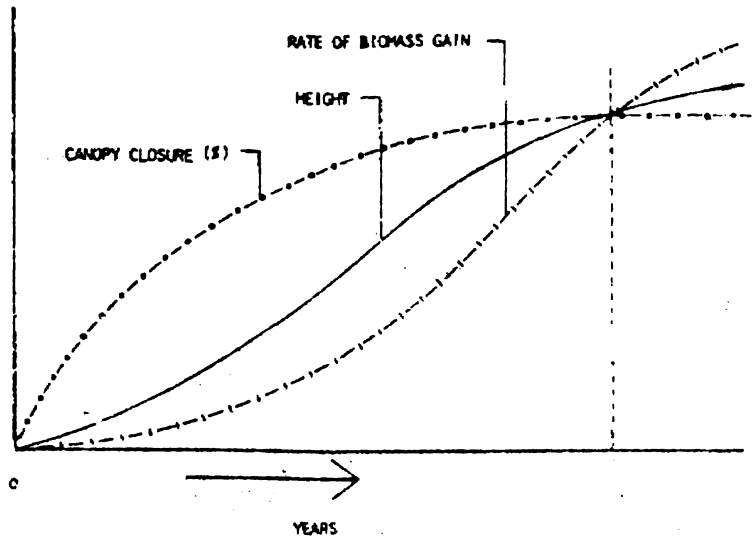


Fig. , First cycle growth pattern.

Valores indicadores para plantaciones energéticas
(U.S.A.)

Rendimiento en madera/año	7.5 - 35 ton/há.
Valor energético/año (a)	35 - 165 x 10^6 Kcal/há.
Valor energético/ peso seco	4.77 x 10^6 Kcal/há.

(a) Energía neta (energía combustible en chips menos el combustible consumido por cosecha, chipeado y transporte) constituye el 99.85% del rendimiento energético total.

Aptitud de las Tierras para Forestación y Pastoril

Grupo de Tierras	Area aproximada	% Tierras Agrícolas
1. Tierras aptas para forestación	823.481 há	4.7
2. Tierras aptas para silvicultura asociadas	2.327.298 há	13.3
3. Tierras moderadamente aptas para silvicultura, con limitaciones	1.902.226 há	10.9
	5.053.505 há	28.9

Aptitud Forestal y Pastoril por Departamento
(en ha)

epartamento	Tierras aptas para forestación	Tierras aptas para forestación con tierras moderadamente aptas	Tierras moderadamente aptas para forestación	Tierras aptas para pasturas cultivadas e inaptas para cultivos	Tierras aptas para pasturas naturales y poco aptas para forestación	Total
rtigas	15.724	18.142	-	304.747	394.855	733.468
anelones	15.892	12.327	-	-	22.772	50.991
erro Largo	24.983	175.670	366.414	117.890	51.772	736.729
olonia	46.168	26.368	-	7.710	5.672	85.918
urazno	73.270	245.198	-	141.127	64.495	524.090
lores	-	62.818	-	-	-	62.818
lorida	-	-	212.771	-	-	212.771
avalleja	-	3.007	521.597	3.000	94.083	621.687
aldonado	15.643	-	156.918	-	128.229	301.790
aysandú	-	509.190	-	5.517	544.261	1.058.968
lo Negro	81.835	656.083	-	48.025	40.815	826.758
ivera	243.148	86.176	179.167	158.989	37.705	705.185
ocha	49.928	-	117.056	180.855	184.095	531.934
alto	-	-	-	261.879	657.674	919.553
an José	8.859	-	-	-	35.002	43.861
oriano	-	256.707	-	105.679	-	362.386
acuarembó	243.683	275.612	-	468.568	122.394	1.110.257
reinta y Tres	-	-	348.803	10.000	73.487	432.290
ontevideo	3.348	-	-	-	3.216	6.564
otal	823.481	2.327.298	1.902.726	1.813.986	2.460.527	9.328.018

uente: Proyecto de Asistencia Técnica Directa a SEPLACODI - OEA/PDR

Médias do volume sólido (m^3/ha) das árvores, de acordo com as procedências, a diferentes idades*

Procedências	Idade (meses)			
	19	25	32	39
Champion	40.582	70.581	134.143	183.431
CAF	29.460	49.932	98.645	145.582
Coff's Harbour	45.374	65.413	129.165	164.249
Médias	38.472	61.976	120.651	166.087
Rodésia (3,0 x 2,0 m)	17.000	-	66.824	-

(*) No cálculo dos volumes foi utilizado o fator de forma (ff) igual a 0,476

Incremento médio anual (m^3/ha/ano) das árvores, por procedência, aos 19, 25, 32 e 39 meses de idade.

Procedências	Idade (meses)			
	19	25	32	39
Champion	25.631	33.879	50.303	57.978
CAF	18.606	23.967	36.992	44.794
Coff's Harbour	28.657	31.398	48.437	50.538
Médias	24.298	29.748	45.244	51.103
Rodésia (3,0 x 2,0 m)	10.737	-	25.059	-

APROVECHAMIENTO ENERGETICO DE LA BIOMASA FORESTAL

Ing. Quím. José Luis Heijo,
Centro de Tecnología y
Productividad Industrial.

1. SUMARIO

El presente trabajo consta de dos partes. En la primera se exponen las distintas opciones mediante las cuales es posible utilizar, con fines energéticos, el producto de la silvicultura: la madera. En la segunda se analiza la utilización de leña y carbón vegetal como combustibles industriales, desde un punto de vista económico.

2. INTRODUCCION

En el Uruguay la forestación en base a especies del Género Eucalyptus es uno de los cultivos que pueden ser afectados a la producción energética.

Si bien existen otros cultivos no forestales, tales como caña de azúcar, sorgo sacarígeno, etc., que son más eficientes en la conversión de la energía solar en energía de biomasa, los eucaliptos poseen mayores ventajas comparativas con respecto a aquellos en algunos aspectos.

En primer lugar, los eucaliptos se cultivan en ciclos de varios años, por lo que no es necesario realizar el laboreo anualmente para su implantación como en el caso de los cultivos anuales. Por otro lado, las labores que se deben realizar para la implantación y mantenimiento del bosque energético son mínimas con respecto a cualquier otro cultivo. No es necesario tampoco recurrir al uso de fertilizantes, porque la fertilidad natural de nuestros suelos es suficiente para que alcancen un buen desarrollo en pocos años.

En segundo lugar, la producción de cultivos anuales con fines energéticos (etanol a partir de caño o sorgo, por ejem.), requiere la construcción de grandes sistemas de almacenamiento porque el procesamiento de la materia prima debe efectuarse en un lapso de pocos meses una vez comenzado el período de la cosecha. También deben efectuarse reservas que compensen las variaciones de producción de un año a otro debido a factores climáticos. Las instalaciones necesarias para la producción del combustible estarían sin utilizarse gran parte del año, a menos que se procesaran dos cultivos complementarios, evitándose la estacionalidad de la producción.

Los cultivos forestales en cambio, pueden ser procesados durante todo el año. La madera, o sea la materia prima no es perecedera en el corto o mediano plazo, por lo que puede ser cortada y dejada en el monte sin perder sus propiedades, aumentando su rendimiento económico en muchos procesos al gastarse menos energía en la evaporación del agua constituyente de la misma. Al perder humedad en el secado natural, disminuye además el costo del transporte. En última instancia las reservas pueden efectuarse dejando el monte en pie, aumentando el rendimiento por Há. No se debe olvidar tampoco que los cultivos forestales por poseer un ciclo de crecimiento de varios años, consiguen corregir por sí mismos las variaciones anuales de crecimiento, compensando los años malos con los años buenos.

En tercer lugar no compiten por el recurso suelo con otros cultivos, especialmente con aquellos destinados a la alimentación humana, obteniéndose buenos rendimientos en suelos marginales para los cultivos tradicionales o la ganadería y aún en zonas erosionadas.

3. PROCESOS DE TRANSFORMACION

Existen fundamentalmente tres vías para la transformación de materia orgánica de biomasas en productos utilizables desde el punto de vista energético:

a) Combustión directa.
b) Transformación química en procesos de vía seca.
c) Transformación química y microbiológica en procesos de vía húmeda.

Los dos primeros procesos son preferibles cuando se dispone de un sustrato de humedad relativamente baja como la madera de eucalipto, dada la ventaja de que no es necesario eliminar grandes cantidades de agua por evaporación, con el consiguiente ahorro de energía.

3.1. Combustión directa.

Es la forma más simple de aprovechamiento energético de la biomasa. En todos los casos es ventajoso un secado previo (natural o artificial) a por lo menos 25-30% de humedad.

La madera como combustible puede emplearse en rollos, astillas o chipeada según sean las necesidades de transporte, almacenamiento y manejo.

Mediante la combustión directa de la madera se obtiene el máximo rendimiento energético del eucalipto. Debe considerarse, sin embargo, que tanto el rendimiento energético como los costos en el caso de la leña resultan más influenciados por las distancias de

transporte que en el caso de otros combustibles derivados de la madera. Como combustible industrial, es usado para la generación de vapor para suministrar calor a los procesos industriales o para la generación de energía eléctrica.

3.2. Transformación química en procesos de vía seca.

Los procesos de conversión por vía seca se basan en reacciones de descomposición y/o síntesis que permitan obtener a partir de la madera distintos combustibles. La pirólisis permite obtener alquitranes, gases combustibles y carbón vegetal, la gasificación, gas combustible del tipo del gas pobre de alumbrado, la hidrogasificación un gas rico en hidrocarburos livianos y la síntesis de metanol un combustible líquido liviano.

Pirólisis.

La pirólisis es la destilación destructiva de la materia orgánica en ausencia de aire u oxígeno. Las reacciones de descomposición que se producen al calentar el material de baja humedad en ausencia de oxígeno, dan lugar a la formación de tres tipos de combustibles: alquitrán de madera, gases combustibles y carbón.

Se obtienen también otras sustancias químicas que pueden eventualmente recuperarse, tales como ácido acético, metanol y acetona. La relación porcentual de los distintos productos obtenidos depende del sustrato y de la forma de realizar la operación.

En el caso de la madera, los procesos se orientan a la obtención de carbón vegetal siendo los demás productos en general secundarios. La obtención o no de los subproductos depende de la tecnología que se emplee.

- El carbón vegetal puede ser usado como sustituto de combustibles tradicionales en generadores de vapor.

- En grandes calderas de tubos de agua y en hornos rotatorios, puede quemarse el carbón pulverizado y soplado con aire.

- Puede quemarse pulverizado y mezclado con fuel oil, tal como se hace con el carbón mineral, con un mínimo de adaptaciones en los equipos existentes para quemado de fuel oil.

- Posee importantes aplicaciones en siderurgia y metalurgia como insumo termo-reductor.

GASIFICACION E HIDROGASIFICACION

La gasificación es el proceso por el cual se calienta la materia orgánica de baja humedad en presencia de cantidades controladas de oxígeno, obteniéndose un gas combustible compuesto por CO_2, CO y H_2. El proceso puede utilizar aire u oxígeno como oxidante, obteniéndose en el primer caso un gas diluído por la presencia de N_2 y de menor poder calorífico.

La hidrogasificación consiste en la reacción de sustratos celulósicos con hidrógeno obteniéndose una mezcla de metano y etano. Este proceso presenta el inconveniente de requerir hidrógeno, cuya producción consume energía, siendo además el H_2 por sí mismo un gas combustible.

El gas obtenido por gasificación puede utilizarse directamente como combustible para motores de combustión interna, en generadores de vapor o en distintos tipos de hornos. Sirve también como materia prima para la síntesis de otros combustibles como metano y metanol o para la síntesis de amoníaco.

Las centrales diesel generadoras de energía eléctrica pueden ser adaptadas para funcionar utilizandc gas de gasógenos como combustible. El gas se produce en gasógenos alimentados a leña adjuntos al grupo generador.

SINTESIS DE METANOL

El metanol o alcohol metílico es un líquido liviano (densidad 0,79) que puede ser utilizado como combustible y posee un poder calorífico de 4,8 Kcal/g. Es tal vez el más versátil de los combustibles que pueden obtenerse de las biomasas de eucaliptos. Puede ser utilizado como combustible industrial, como combustible de turbinas de gas para generación de energía eléctrica y como combustible de motores a explosión. Se obtiene por síntesis pudiéndose utilizar como materia prima carbón mineral, gas natural, derivados del petróleo y madera.

Para obtener el gas de síntesis a partir de madera, debe realizarse la combustión incompleta de la misma en presencia de aire y oxígeno, o haciéndola reaccionar con oxígeno y vapor de agua. Se obtiene una mezcla de CO_2, CO, H_2 y eventualmente N_2. Luego por diferentes procesos se elimina el exceso de CO_2 y N_2 y se ajusta la relación CO/H_2 siendo la mezcla comprimida para efectúar la reacción de síntesis.

Los equipos e instalaciones son similares a los necesarios para la síntesis de amoníaco, o sea que teóricamente podrían construirse plantas ambivalentes. Esto permitiría además de la producción de metanol, la producción de fertilizantes nitrogenados, obviando el problema de escala.

La economicidad de este tipo de transformación de la biomasa de eucaliptus está fuertemente influída por la escala de producción. La determinación de mínimos económicos sólo es posible a través de estudios detallados.

3.3. Procesos de conversión por vía húmeda.

De los diferentes procesos existentes por vía húmeda para conversión de biomasa, sólo la fermentación alcohólica parece técnicamente factible para la madera proveniente de eucaliptos.

La reducción química consiste en la reacción de un sustrato celulósico o lignocelulósico con monóxido de carbono y vapor en medio alcalino. Por el momento este proceso consume más energía de la que produce.

La digestión anaeróbica es la degradación bacteriana de la materia orgánica en ausencia de aire obteniéndose un biogas mezcla de metano, CO y CO_2. La madera da resultados muy pobres en este proceso.

Elaboración de etanol por fermentación.

La fermentación alcohólica requiere un tratamiento previo de la madera y el agregado de agua que luego debe evaporarse consumiendo energía.

Para el procesamiento de la madera es necesario hidrolizar previamente las celulosas y hemicelulosas a efectos de obtener azúcares fermentecibles. Se obtienen además otras sustancias químicas y por coquización de los residuos de la hidrólisis de la madera se obtiene un producto que reúne las características mecánicas del coque con la pureza química del carbón vegetal.

Actualmente se considera que para la obtención de etanol son más económicos los procesos que utilizan materias primas sacarígenas (caña o sorgo) y aún amiláceas (granos, tubérculos), si bien el aprovechamiento de los subproductos de la hidrólisis de la madera podría revertir esa situación. Por otra parte, la tecnología de la hidrólisis y fermentación de madera se encuentra en constante evolución, por lo que la perspectiva de mejoramiento futuro y estudios de esta opción en el marco de las condiciones locales podrían concluir su conveniencia.

4. SUSTITUCION DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES

De las distintas opciones tecnológicas que se describieron para el uso energético de la madera, la sustitución del fuel oil en sus usos industriales ya sea por leña, carbón vegetal o gas de gasógeno, constituye, considerando el aspecto técnico, la mejor solución a corto plazo para el problema de los combustibles industriales.

En el caso de las restantes formas de energía empleadas en la actividad económica (combustible de vehículos, energía eléctrica, etc.) existen opciones diversas de sustitución que deben considerarse y analizarse antes de adoptar una o algunas de ellas. Sin embargo en el caso de los combustibles industriales, no parece existir una opción más adecuada que la utilización de madera o algunos de sus derivados como el carbón vegetal.

4.1. Análisis económico.

La conveniencia por parte de las empresas industriales de encarar la sustitución de fuel oil por leña se demuestra en el trabajo del Ing. Qco. J.A. Cipolina, "El renacimiento de un combustible: La Leña", presentado ante este seminario. Se desprende la conveniencia de la sustitución por leña adquirida a precios de mercado, y una conveniencia mayor aún en el caso de leña producida por la propia empresa.

Tomando esto como premisa comparamos aquí tres opciones para la producción propia por parte de la empresa de su combustible industrial sustitutivo:

A: Forestación y producción de leña.

B: Forestación y producción de carbón vegetal en hornos de mampostería.

C: Forestación y producción de carbón vegetal en retorta continua tipo Lambiotte con recuperación de subproductos para generación de energía eléctrica.

El cuadro siguiente presenta los costos de producción del combustible para las tres alternativas, expresado por unidad física de producto y por Mkcal de vapor generado (sin incluir costo de generación). Se incluye además el valor actual de egresos por Mkcal de vapor generado a los efectos de tomar en cuenta en la comparación los diferentes montos de inversión para cada alternativa. Los valores fueron calculados en base a información extraída del estudio de factibilidad para la industrialización del mineral de hierro de Valentines.

	Costo Unitario	U$S/Mkcal(vapor)	V.A. Egresos U$S/Mkcal (vapor)
A	17,58 U$S/tnLA	6,650	1,436
B	89,40 U$S/tn	15,96	2,972
C	54,22 U$S/tn	9,683	2,431

Valores a enero de 1980

De los resultados presentados se concluye que la opción A es la más ventajosa. Sin embargo, en algunos casos la utilización de leña ofrece dificultades técnicas que pueden subsanarse utilizando carbón vegetal (p. ej. en los hornos rotatorios de cemento). En estos casos corresponde la elección de la alternativa C, si bien teniendo en cuenta las diferencias esenciales entre los sistemas de producción de B y C. El primero de mano de obra intensiva y baja inversión y el segundo de elevada inversión, baja mano de obra y con influencia de la economía de escala (los valores considerados fueron calculados para una producción de 100.000 tn/año de carbón).

El cuadro anterior supone distancias de transporte de 150 km. A distancias mayores disminuye la ventaja de la leña frente al carbón, dado que el transporte es más costoso para ésta que para aquél.

El cuadro siguiente presenta las distancias a las que la ventaja de la leña desaparece.

	Distancia de igual costo por Mkcal (vapor)	Distancia de igual V.A. de egresos
comparación A-B	546	667
comparación A-C	279	485

Cifras en Kms.

Como se desprende del cuadro anterior, las distancias límite para la ventaja de la leña son del orden de las distancias nacionales por lo que conviene, en el estudio de casos particulares, tomar en cuenta las opciones de producción de carbón.

5. CONCLUSIONES

De las distintas soluciones que la forestación energética puede aportar al problema energético en general y en particular al problema de los combustibles industriales, la utilización de leña o carbón vegetal como sustitutos del fuel oil admiten una adopción inmediata. Los únicos obstáculos que se presentan a esta opción son la oferta insuficiente de madera o la disponibilidad financiera de los empresarios para encarar por sí mismos la producción de leña o carbón.

Para obtener conclusiones respecto a las demás formas de utilización de la biomasa forestal serán necesarios estudios posteriores que tengan en cuenta además las otras opciones agroenergéticas y de otro tipo.

EL RENACIMIENTO DE UN COMBUSTIBLE: LA LEÑA

Ing. Juan Antonio Cípolina
Grupo de Racionalización de
la Energía Industrial

1.0 OBJETIVO

Con el advenimiento de la crisis energética, los industriales nacionales se han lanzado a la búsqueda de un sustituto para el fuel-oil, seleccionando en la mayoría de los casos a la leña. El objetivo de este trabajo es presentar las alternativas más importantes que existen actualmente a nivel nacional para el uso de la leña como combustible y realizar una pre-evaluación económica. Esta alternativa de sustitución se estudia para el grupo de industrias que en cuanto a su consumo de fuel-oil son una fracción importante del consumo del país.

2.0 ALCANCE

Este estudio es de carácter preliminar, por lo que las cifras y resultados a que se arribe deben tomarse como orientativos.

3.0 INTRODUCCION

Cuando se habla de sustituir un derivado del petróleo muchas veces se pierde de vista el contexto dentro del cual debe quedar contenida esta sustitución. O sea que no podemos hablar de la sustitución de un combustible sin pensar cómo repercute en los otros derivados del petróleo. Cuando se piensa en sustituir la nafta por etanol, debe también pensarse cómo se afecta el gas-oil y también el fuel-oil, que son los derivados de mayor consumo. Para llegar a reemplazar parcial o totalmente el petróleo, debe pensarse en todos los derivados y realizarse su sustitución proporcionalmente al orden de importancia de su consumo.

En el Cuadro N° 1 vemos cuales son las fuentes y usos de la energía primaria que consumió el país en el año 1979. Asimismo podemos observar cómo se destiló el crudo y cuánto se obtuvo de los distintos derivados. También se observa en dónde se consumió el fuel-oil y en qué proporción. De esta manera se ve que la sustitución de cualquier derivado del petróleo debe llevar implícita la sustitución del fuel-oil y al pensarse en sustituir el petróleo, lo primero que hay que resolver es la sustitución del fuel-oil.

Como la tecnología usada para la sustitución del fuel-oil por leña está muy influenciada por la cantidad de combustible que consume la empresa, por el tipo de generadores que posee, por la ubicación geográfica, por el proceso productivo, etc., es que debemos primero fijar una empresa tipo y estudiar en ella cúal es la solución técnica y económicamente viable. De esta forma podremos arribar a conclusiones generales a través de estudiar un caso que pueda generalizarse a una fracción importante del consumo de fuel-oil.

CUADRO 1 - FUENTES Y USOS DE ENERGIA. AÑO 1979.

	%
1. Combustibles vegetales, energía eólica, etc.	12
2. Hidro-electricidad	14
3. Petróleo	74
	2:609.200 t.e.p.

	%
Gas licuado	2
Naftas	15
Queroseno	8
Gas-Oil	23
Diesel-Oil	2
Solventes y asfaltos	5
Fuel-Oil	45

	%	
UTE	42	
ANCAP (Ref.)	10	
Industria	48	(477.772 m^3)

Fuente: M.I.E. - Dirección Nacional de Energía.

Se estima que todo el fuel-oil industrial se consume en aproximadamente 1.400 industrias, (1) donde 82 de las cuales consumen el 55% del fuel-oil vendido a las empresas privadas. La distribución del consumo de estas 82 industrias se puede observar en el Cuadro N° 2.

Como se busca estudiar una situación representativa, eliminamos las empresas de las clases A, B, y C. Se descarta también las empresas de la clase F, ya que por su bajo consumo (las que consumen del orden de los 500 m^3 serán muy pocas) la sustitución por leña no se muestra atractiva al empresario y además su ubicación en zonas urbanas, así como su disponibilidad de espacio hace que su manejo sea imposible o muy engorroso.

Para este estudio se seleccionan las empresas de la clase D, ya que representan una de las fracciones más consumidoras (18%) de fuel-oil y el grupo de las de mayor consumo integrado por más empresas.

Como se deduce del mismo Cuadro N° 2, el tipo de industrias que componen esta fracción, usan fuel-oil fundamentalmente para generar vapor de baja presión y usarlo como transporte de calor.

Se desprende del Cuadro N° 2 que las industrias de la clase D consumen entre 1.000 y 5.000 m^3 por año, pero la mayor parte de los consumidores está más cerca de los 1.000 que de los 5.000 m^3, por lo tanto se tomará un consumo anual para definir la empresa objeto de este estudio de 1.400 m^3 de fuel-oil. Asimismo, tomando en consideración su consumo puede establecerse que promedialmente trabaja 250 días al año en 2 turnos (13 hrs. efectivas), por lo que se tiene un consumo diario de 5,6 m^3 de combustible. O sea que nuestra empresa tipo está constituida por una planta industrial, ubicada en el cinturón industrial de Montevideo, que consume promedialmente 5.4 ton./hr. de vapor para calentamiento, las que son proporcionadas por 2 calderas de tubos de humo (una en marcha, la otra de apoyo) del año 1970, para una capacidad de generación máxima de 6 ton./hr.

La pregunta es entonces cúales son las opciones que tiene hoy en día el industrial para sustituir el fuel-oil y de ellas cúal es la más rentable.

4.0 ALTERNATIVAS PARA LA SUSTITUCION

4.1 Combustible

Desde el punto de vista técnico los únicos combustibles primarios sustitutivos del fuel-oil, disponibles para esta planta son: el carbón mineral y la

CUADRO 2 - CLASIFICACION DE LAS INDUSTRIAS POR CONSUMO DE F.O.*

Clase	Rango	Cantidad	Consumo m3/año	Consumo %	
A	> 15.000	1	45.300	9	
B	10.001 - 15.000	2	26.350	6	
C	5.001 - 10.000	13	92.790	19	Fábricas de vidrio, cerámica, papel.
D	1.001 - 5.000	43	85.730	18	Fábricas de jabón, textiles, bebidas, frigoríficos.
E	501 - 1.000	23	15.680	3	Textiles, curtiembres.
		82		55	
F	> 500	1.300 (aprox.)			
Total industria		1.400 (aprox.)	477.700	100	

* Sobre datos recogidos en las 100 plantas de mayor consumo de fuel-oil.

Fuente: M.I.E. - Grupo de Racionalización de la Energía Industrial.

madera. Como el Uruguay no tiene actualmente yacimientos de carbón mineral en - explotación y los yacimientos existentes tienen una gran cantidad de ceniza, lo que no es conveniente para este tipo de generadores, se descarta la posibilidad de usarlo como sustituto. La alternativa de usar carbón mineral importado se descarta al tomar en consideración el poco volumen que consumiría esta industria tipo y además al hacer el análisis económico se tendría que ponderar de alguna forma, el hecho de quedar dependiendo en precio y seguridad de suministro, de una - fuente extranjera.

De esta forma se llega a determinar que el único combustible que desde - el punto de vista técnico y estratégico podría sustituir al fuel-oil, en breve - plazo en esta clase de industria, sería la madera.

Debe aclararse, aunque a los efectos del análisis económico no interesa que la madera de eucaliptus tiene, en nuestro país, un balance energético que se nivela cuando se transporta 4.429 Km (2).

4.2 Tecnología de conversión

Una vez seleccionado el combustible, debe escogerse la tecnología mediante la cual se va a transformar en energía.

El dramático aumento en el costo del combustible en la última década, está forzando a los ingenieros a cambiar la forma tradicional de quemar la madera. En el pasado, cuanto más rápido se quemara mejor, el objetivo fundamental era deshacerse de ella. El método antiguo de apilar cierta cantidad de madera sobre un piso refractario o sobre una grilla y soplarle algo de aire por debajo, olvidándose de cuantas partículas no quemadas se iban por la chimenea y cuanto combustible no quemado se descargaba con la ceniza, ya no es más aceptado. Hoy en día la madera es una fuente valiosa de energía renovable que debe ser quemada - limpia y eficientemente, no meramente incinerada.

El diseño de un sistema de combustión satisfactorio requiere detallado - conocimiento de la constitución física del combustible y de las caracterísiticas químicas, así como un perfil del consumo de la planta, etc. El sistema óptimo de combustión debe llegar a un balance entre muchas variables, como ser el grado de preparación del combustible, el costo del capital y operativo, la eficiencia de conversión energética, el arrastre de partículas, etc. En el Cuadro Nº 3 podemos observar un esquema resumido de los distintos sistemas de conversión de la - madera en energía.

Los procesos de extracción de la energía de la madera involucran tanto - combustión directa o conversión en gases, líquidos o sólidos, los que luego se queman. La diferencia fundamental entre los sistemas de combustión directa y - los de conversión pueden observarse en el Cuadro N° 3. En los sistemas de com - bustión todas las reacciones ocurren en el mismo reactor, el hogar. En la conversión, hay un reactor donde se produce la pirólisis seguido posiblemente por más sistemas de conversión y luego por el lugar donde se quema.

a) Combustión directa.

Existen tres esquemas básicos para la combustión directa de la madera:

. El hogar Holandés (antehogar refrigerado).

. El alimentador esparcidor.

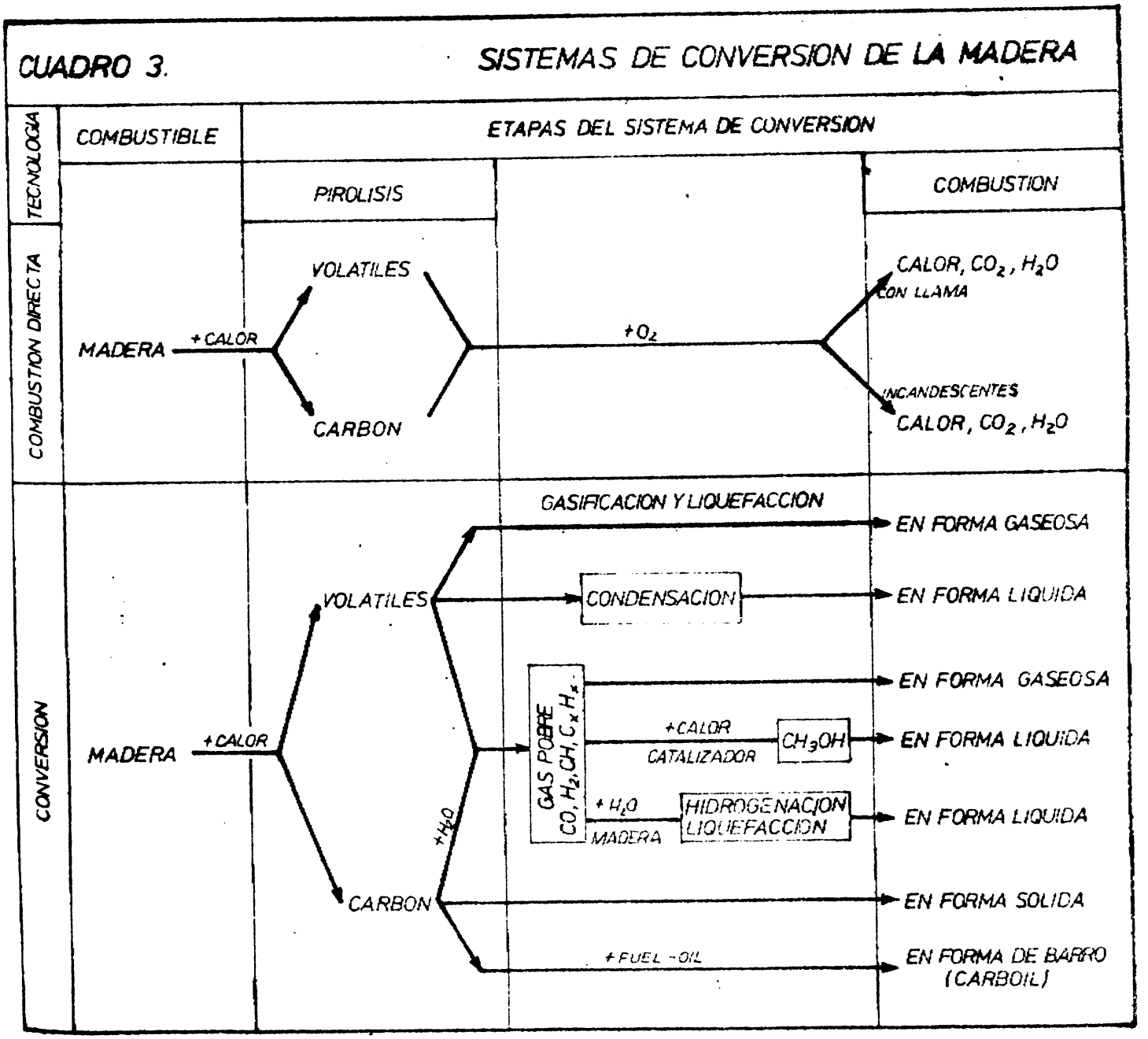
. La combustión en lecho fluidizado.

Cada sistema intenta llegar a la oxidación completa de los volátiles y del carbón fijo de la madera. Estos tres sistemas persiguen además de maximizar la oxidación, proveer flexibilidad en la operación del hogar, manejar combustibles húmedos y, no en nuestro país pero si en otros, controlar la polución ambiental.

Se dará a continuación una breve descripción de los 3 sistemas básicos - de combustión directa.

En el sistema llamado hogar holandés se pone un lecho de madera sobre - una parrilla o grilla, un flujo de aire se sopla desde abajo de la parrilla ha - cia el combustible en el lecho, donde ocurre la combustión. Los volátiles des - prendidos por el calentamiento del lecho se queman arriba de la parrilla con aire que se sopla encima de ella. El carbón fijo es oxidado incompletamente en su mayor parte y una combustión subsiguiente del CO gaseoso provee la mayor parte - de la energía producida por este sistema. Mediante este sistema se puede quemar madera muy húmeda hasta 60% o más. Las desventajas son: una pobre capacidad de seguir las demandas de vapor, un alto costo de mantenimiento debido al refractario y el inconveniente de tener, generalmente una remoción manual de la ceniza. Asimismo, no se puede soplar aire muy caliente a riesgo de perjudicar la resis - tencia de la grilla.

El sistema alimentador esparcidor es actualmente a nivel mundial el de mayor uso para la combustión de madera. Es una combustión en semi-suspensión, - el combustible es introducido en el hogar encima de la parrilla y comienza a quemarse a medida que va cayendo por ella. La humedad contenida en el combustible es evacuada, una parte cuando el combustible está en suspensión y la otra parte


CUADRO 3.
SISTEMAS DE CONVERSION DE LA MADERA
TECNOLOGIA
COMBUSTIBLE
ETAPAS DEL SISTEMA DE CONVERSION
PIROLISIS
COMBUSTION
COMBUSTION DIRECTA
MADERA
+CALOR
VOLATILES
CARBON
+O2
CALOR, CO2, H2O
CON LLAMA
INCANDESCENTES
CALOR, CO2, H2O
CONVERSION
GASIFICACION Y LIQUEFACCION
EN FORMA GASEOSA
CONDENSACION
EN FORMA LIQUIDA
EN FORMA GASEOSA
GAS POBRE
CO, H2, CH, Cx Hx
+CALOR
CATALIZADOR
CH3OH
EN FORMA LIQUIDA
+H2O
MADERA
HIDROGENACION
LIQUEFACCION
EN FORMA LIQUIDA
+H2O
EN FORMA SOLIDA
+FUEL-OIL
EN FORMA DE BARRO
(CARBOIL)

en la grilla. La profundidad del lecho está muy influenciada por el contenido de humedad del combustible.

Estos sistemas son de rápida respuesta a los cambios de carga y pueden quemar muy bien diversos tipos de combustibles sólidos. (3)

El sistema de combustión en lecho fluidizado emplea un lecho caliente de material inerte, como por ejemplo arena o cuarzo. Se introduce la madera dentro del lecho de arena y a su vez se introduce aire de combustión precalentado a través de la parilla a una velocidad tal que permite fluidificar la arena y el combustible, expandir su volumen, pero no soplar el inerte hacia afuera. El material inerte al ser abrasivo remueve constantemente la superficie del combustible que está carbonizada, exponiendo material fresco a la oxidación. Asimismo, cumple la función de retener el combustible en el lecho hasta que se completa su combustión.

b) Sistemas de conversión.

Dentro de los sistemas de conversión tenemos: pirólisis, gasificación, hidrogenación, hidrólisis enzimática seguida de fermentación, y digestión anaérobica.

Pirólisis. La pirólisis consiste en la destilación destructiva de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Los productos iniciales de la pirólisis de la madera, como se muestra en el Cuadro N° 3, son productos volátiles y carbón. Parte de la corriente gaseosa que existe en cualquier reactor de pirólisis condensa en lo que se suele llamar aceite sintético (4), el mismo puede ser quemado como tal o convertido en productos químicos. La pirólisis convierte la madera en productos sólidos (carbón), líquidos (alquitranes) o gases.

Gasificación. La gasificación es un proceso por el cual la destrucción pirolítica de la madera arroja un solo producto, gas combustible. En la gasificación las reacciones se desarrollan a suficientemente alta temperatura como para eliminar la producción de alquitranes condensables y aceites. Si es posible, los alquitranes y los aceites formados se reciclan al reactor para un craqueo adicional. En la gasificación algo del carbón es parcialmente oxidado para producir la temperatura necesaria para llevar adelante las reacciones. El diseño de los gasificadores puede ser de lecho fijo o de lecho fluidizado. De mayor significado que la configuración del recipiente, es el medio por el cual se introduce oxígeno al reactor para quemar el carbón.

Algunos sistemas como el de la American Fyr Feeder (5) usan aire, otros emplean oxígeno puro. Los sistemas que introducen aire producen un gas que obviamente es rico en nitrógeno, ésto requiere que exista un acoplamiento lo más cercano posible entre el generador y el gasificador, de manera de permitir el aprovechamiento del calor sensible contenido en el nitrógeno. Los gasificadores que introducen aire requieren el precalentamiento del mismo, en cambio los que introducen oxígeno, requieren un costoso equipo para generarlo; pero por otro lado éstos producen un gas de mayor contenido calórico que los anteriores. Asimismo, el gas que es producido mediante la combustión de oxígeno puede transportarse mayores distancias que el que se produce por la introducción de aire.

Estos sistemas queman madera con una humedad del orden del 20 al 30% (base húmeda).

Liquefacción. Como productos líquidos de la descomposición de la madera pueden obtenerse combustibles livianos y pesados mediante distintos procesos, todos parten del gas de síntesis obtenido por la gasificación de la madera.

Producción de metanol. El gas de síntesis se purifica y por vapor de reacción se ajusta a una relación volumétrica de hidrógeno-monóxido de 2 a 1. Luego en presencia de calor y de un catalizador como por ejemplo, óxido de zinc, o una mezcla de catalizadores, en una reacción endotérmica, se produce el metanol.

Producción de líquidos pesados. Existen dos sistemas básicos para la producción de aceites pesados como únicos productos de la conversión de la madera. El sistema desarrollado por la Occidental Petroleum que es fundamentalmente una pirólisis y la hidrogenación catalítica proceso desarrollado en el Centro de Investigación Energética de Pittsburgh. En este proceso, el gas de síntesis se purifica usándose principalmente el monóxido de carbono que más vapor reaciona con madera finamente dividida y en presencia de un carbonato alcalino (catalizador) que conjuntamente con elevada presión, (1.500 a 3.500 p.s.i.), y temperatura (700°F), completan la deoxigenación de la madera. Los aceites pesados provenientes de materiales lignocelulósicos tienen un poder calorífico de 15.000 BTU/lb.

Carboil. Una de las formas que se viene estudiando para quemar el carbón de madera es pulverizándolo y mezclándolo con fuel-oil. Esta forma tiene la ventaja de no exigir modificaciones sustanciales en el generador, pero todavía está en etapa experimental.

4.3 Selección de la tecnología

De este espectro de tecnologías disponibles a nivel internacional, solamente podemos pensar para aplicar en nuestra industria tipo, la combustión directa, y dentro de la conversión, la gasificación, ya que los demás sistemas de conversión son muy sofisticados y de aplicación a mayor escala. Dentro de los sistemas que vimos para la combustión directa de lecho fluidizado no son posibles de aplicar a esta escala, como así tampoco los sistemas alimentadores esparcidores. Esto se ve agravado por el hecho que la sustitución de combustible se piensa hacer (para disminuir la inversión inicial) la del generador sino su adptación.

La sustitución por carboil se descarta por estar todavía en la etapa experimental.

5.0 ANALISIS ECONOMICO

En este capítulo se hará un análisis económico determinando el costo del millón de kilocalorías (Mkcal) como vapor saturado de 8 $kg^{\#}/cm^2$ abs de presión - para aquellas tecnologías seleccionadas en el capítulo anterior. Se determina - también el costo del Mkcal usando fuel-oil. En aquellos casos en que el insumo quemando leña es igual al costo del fuel-oil, el mismo se traslada tal cual. Se va a modificar un generador quedando el otro a fuel-oil para solucionar inconvenientes en el suministro de leña. Se estima se sustituye el 90% del fuel-oil ya que ninguna de las 2 tecnologías son capaces de acompañar las demandas de vapor.

La leña que se usa como combustible es de eucaliptus, comprada puesta en planta salvo la opción 4.

En el Anexo 1 se encuentran las bases tomadas para la estimación de los costos.

5.1 Alternativa N° 1 quemando fuel-oil pesado

		N$/año	%
1.	Central de generación (Ver Anexo 1 punto 1)	75.000	2
2.	Mantenimiento. 4% costo fijo del equipo (6)	40.000	1
3.	2 foguistas (N$/año 44.550 más 44% de cargas sociales)	128.300	4
4.	Energía eléctrica consumida	21.900	1
5.	Agua. Se considera retorna el 70% del vapor producido. 5.300 m^3/año	25.500	1
6.	Combustible. 1.400 m^3/año	2:933.000	91
		3:223.700	100
		(U$S/año 327.300)	

Costo MKcal = U$S 31,2

5.2 Alternativa N° 2 quemando leña con antehogar

		N$/año	%
1.	Antehogar (Anexo 1, punto 6)	39.400	5
	Caldera (alternativa 1)	75.000	
2.	Tractor para movimiento de leña	15.000	1
3.	Mantenimiento (3% costo equipos)	22.200	3
	Alt. 1	40.000	

		N$/año	%
4.	Mano de obra: se incrementan los foguistas en:		
	Alt. 1	128.300	
	2 peones por turno N$/año 197.600		
	1 tractorista por turno		
	N$/año 141.300	338.900	22
5.	Gastos operativos del tractor (combustible, lubricantes, etc.)	26.400	1
6.	Energía eléctrica.		
	Se agregan 2 motores	3.900	
	Alt. 1	21.900	1
7.	Agua		
	Idem Alt.1	25.500	1
8.	Combustible		
	a) fuel-oil 140 m^3/año	293.300	
	b) leña 4.520 ton. L.O. a N$/ton. 250.	1:130.000	66
	(Ver Cuadro N° 4)		
		2:159.800	100
		(U$S/año 219.270)	

Costo MKcal U$S = 20,9 - 33% menos que usando fuel-oil

5.3 Alternativa N° 3 quemando leña con gasificador

		N$/año	%
1.	Gasificador	49.600	
	(La disminución de la capacidad no afecta el servicio)		
	Alternativa 1	75.000	
2.	Tractor para moviento de leña (idem alternativa 2)	15.000	
3.	Trozadora de leña	6.900	7
4.	Mantenimiento (3% costo equipos)	28.900	
	Alternativa 1	40.000	3
5.	Mano de obra (idem alternativa 2)	338.900	
	Alternativa 1	128.300	22

		N$/año	%
6.	Gastos operativos del tractor (idem Alt.2)	26.400	1
7.	Energía eléctrica		
	Motores del gasificador	1.800	
	Trozadora	3.000	
	Alternativa 1	21.900	1
8.	Agua (idem Alt. 1)	25.500	1
9.	Combustible (idem Alt. 2)	293.300	
		1:130.000	65
		2:184.500	100
		(U$S/año 221.780)	

Costo MKcal U$S 21,1 - 32 % menos que usando fuel-oil.

5.4 Alternativa N° 4 quemando leña producida por la empresa

Las alternativas N° 2 y N° 3 se consideraron sobre la base de que la empresa compraba la leña puesta en la planta. Esta estimación hace que el precio de la leña quede sujeto a las condiciones del mercado, con el agravante de que en nuestro país no se está forestando a la velocidad que se está consumiendo; lo que se deduce también del Cuadro N° 4.

A los efectos de evitar esta dependencia del mercado y de asegurarse el abastecimiento, se estudia la posibilidad de que la empresa foreste.

Considerando un rendimiento de 20 ton. L.V./Há. año, sería necesario forestar una superficie del orden de 350 Há.

Si la empresa comprara la tierra (380 Há) en un radio no mayor de 150 km. de distancia de la fábrica, formara sus propios viveros, talara, oreara en el monte y la transportara a la planta, el costo de la tonelada de leña oreada sería de U$S 11,4 (7).

En estas condiciones el costo del Mkcal para la Alternativa 2 es de U$S 14,9 y para la N° 3 de U$S 15,1.

6.0 CONCLUSIONES

La leña puede representar una solución significativa a la reducción de la importación de petróleo del país, ya que técnicamente es viable reducir el consumo del derivado de mayor demanda, el fuel-oil. Por lo visto en el capítulo 3, actualmente se dispone en el país de dos tecnologías para usar la

CUADRO 4 - PRECIOS DE LEÑA AL 8/XII/80

EMPRESA	PRECIO DE LEÑA N$/TON.	CONDICIONES DE COMPRA
1	N$ 250	Descascarada, en planta, oreada.
2	N$ 120	Verde en planta.
3	N$ 262 N$ 380 N$ 280	Rolo verde en planta. Astilla seca. Astilla verde.
4	N$ 250	Leña verde trozada, puesta en planta.
5	209 N$/estéreo	Puesto en caldera, oreada, rolos, (descascarada).
6	N$ 108 N$ 140	Rolos L = 1 m. ϕ < 28 cm. Verde en planta. Rolos. Seca en planta.

Fuente: consulta realizada a empresas de Montevideo e interior.

leña como combustible, siendo viables en un segmento muy importante del mercado de fuel-oil, las empresas de la clase D.

En el caso que otros derivados del petróleo lo permitan, podría llegarse a disminuir el consumo de crudo nacional trasladando esta solución a otras clases de industrias, por ejemplo las C y E.

Desde el punto de vista económico, la Alternativa 1 es la más desventajosa si bien obviamente no requiere inversiones. Si analizamos el monto de las inversiones que demandan las alternativas 2 y 3, se ve que éstas no son tan grandes como para que con el ahorro generado en la disminución de la factura de combustible no se paguen en un período razonable.

Las opciones 2 y 3 desde el punto de vista económico prácticamente son iguales. La alternativa 2 es de menor inversión y costo operativo que la 3, pero requiere más espacio que ésta. En algunas industrias el aspecto espacio en la sala de calderas puede ser un factor decisivo. Si bien no es lo más conveniente, el gasificador puede colocarse fuera de la sala de calderas y transportarse el gas por cañería a la sala.

La alternativa N°4 es, desde el punto de vista económico, la más ventajosa, pero es la que requiere mayor inversión. Si se comparara el valor actual de los egresos de cada alternativa por Mkcal aún la N° 4 sería la más ventajosa. No obstante lo expuesto, antes de tomar la última decisión en relación a esta opción, se deberá realizar un análisis financiero, en donde las políticas de estímulo a la forestación energética jugarán un rol preponderante.

CUADRO 5 - COMPARACION DE LAS ALTERNATIVAS

Rubros (%) \ Alternativa	1	2	3	4
1. Equipos	2	6	7	
2. Mantenimiento	1	3	3	
3. Mano de obra	4	22	22	
4. Energía Eléctrica	1	1	1	
5. Agua	1	1	1	
6. Combustible: a) Movimiento leña	-	1	1	
6. Combustible: b) calderas	91	66	65	
Costo MKcal U$S	31,2	20,9	21,1	15

ANEXO 1 - BASES DE ESTIMACION DE COSTOS

U$S 1 = N$ 9,85

1. Caldera tubos de humo, capacidad nominal 6 ton/hr. de vapor a 10 $kg^{\#}/cm^2$ manométricos. Año de construída 1970. Eficiencia de generación 80%. Valor actual ..... N$ 1:000.000
   Instalación, tanque de agua, cañería, sistema de alimentación de combustible ..... N$ 500.000
   Se considera una depreciación promedio de 20 años.

2. Potencia eléctrica instalada para la caldera 28 KW, consumo anual 54.600 KWh (60% de la potencia instalada) N$/KWh 0,4 ..... N$ 21.900

3. Costo de agua ablandada; incluye costo agua O.S.E. y NaCl para regenerado ..... $N\$/m^3$ 4,8

4. Costo combustible: a) fuel-oil pesado más flete ..... $N\$/m^3$ 2.095

5. Generación de vapor y Kilocalorías producidas al año alimentando el generador con agua a 60°C.

$$\frac{1.400}{250}\ \frac{m^3\ F.O./año}{días/año} \times 1.000 \times \frac{1}{13\ \frac{hs.}{día}} \times \frac{9.700\ \frac{Kcal}{kg} \times 0,97\ \frac{kg}{lt}}{660,8 - 60\ Kcal/kg.} \times 0,8 = 5.400\ Kvh$$

$$5.400 \times 660,8 - 60 \times 13 \times 250 = 1,05 \times 10^{10}\ Kcal/año$$

$$(9.484 \times 10^{6}\ Kcal/año\ a\ leña)$$

b) leña: el costo de la leña es muy variado, según se desprende del cuadro 4. Para este trabajo se tomó leña oreada (L.O.), 30% humedad base seca, P.C.I. 3.000 Kcal/kg (tal cual se recibe). N$/ton 250. Se toma el almacenamiento para 1 mes dentro del propio recinto de la planta. Considerando una eficiencia de generación de 70% la planta consume 4.520 ton de L.O.

6. Antehogar refrigerado, incluyendo ventiladores con sus motores, instalado ..... U$S 60.000
Se considera la depreciación a 15 años.

7. Equipo adicional para el movimiento de leña. Tractor 50 HP con pala. Se toma depreciación de 10.000 hrs. y 1.000 hr/año de uso, considerando que no sólo se use para la leña, pero se cargue a ella su depreciación..... N$ 150.000

8. Gastos operativos del tractor. Combustible: Se estima que para mover 22,2 ton. de leña por día insume 2,5 hrs. y tomando un consumo específico de 180 gr. de G.O. por hora y por HP, con un costo de N$ 4,45 el litro de G.O.
0,180 x 2,5 x 50 x 250 x 4,45..... N$ 25.100
Lubricantes. 5% del gasto de gas-oil ..... N$ 1.300

9. Tractorista. N$/año, incluyendo 44% de cargas sociales ..... N$/año 70.627

10. Peones. Se considera necesario tomar 2 peones por turno para la carga del generador y ayuda del tractorista. Incluye 44% de cargas sociales ..... N$/peón/año 49.400

11. Gasificador (U$S 60.000) más 20% de instalación y 5% de obra civil. Depreciable en 15 años ..... N$/año 49.600

12. Trozadora de leña U$S 7.000, 7 HP potencia instalada, corta 2 ton/hr. con un consumo promedio de 4 HP hr. Se considera depreciable en 10 años ..... N$/año 6.900

13. Consumo energía eléctrica trozadora.
4 HP/hr. x 0,75 x 10 hr/día x 250 x 0,4 N$/KWh ..... N$/año 3.000

BIBLIOGRAFIA

1. Grupo de Racionalización de la Energía Industrial. Nota a la Dirección Nacional de Energía N° 2355/80 del 24/IV/1980.

2. Ing. J. A. Cipolina. Memorandum al Sr. Ministro de Industria y Energía, Ing. F. Tourreilles. Montevideo, 25/VII/1980.

3. Bob Schwieger. Power from Wood. Power, February 1980.

4. David A. Tillman. Wood as an Energy Resource. New York. Academic Press. 1978.

5. Ya citado en 4, página 110.

6. M. S. Peters. K. D. Timmerhaus. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. New York. McGraw-Hill. 1979.

7. Ing. Quím. J. L. Heijo. Ing. Agr. G. Gamundi. Insumos Energéticos Derivados de Biomasa de Eucaliptos. M.I.E. Programa 8.1.15. Plan de Estudios Complementarios de la Zona Ferrífera de Valentines. 1980.

A G R A D E C I M I E N T O

El Autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes empresas:

- CERVECERIA Y MALTERIA PAYSANDU S.A. - NORTEÑA
- COMPAÑIA SALUS S.A.
- CIA. INDUSTRIAL COMERCIAL DEL SUR S.A.- CICSSA
- FABRICA NACIONAL DE PAPEL S.A.
- FRIGORIFICO CERRO LARGO - INFRINSA
- HIELOGAS S.A.
- JULIO BERKES S.A.
- PAPELERA MERCEDES S.A. - PAMER
- TURBOFLOW DE URUGUAY S.A.

las que con la información aportada posibilitaron la realización de este trabajo.

EXPERIENCIAS EN LA GASIFICACION DE LEÑA

Ing. Walter Barreto
Director
Julio Berkes S.A.

La primera experiencia que podemos trasmitir en el tema de gasificación de leña es la comprobación, en distintos sectores de nuestra industria, de un cierto estado de asombro ante la pretensión de quemar la leña por métodos distintos a los que se han utilizado por decenas o centenas de años. Se nos han planteado preguntas como ésta: Si el poder calorífico de la leña es 3000 O 4000 Cal/Kg, ¿qué diferencia hay entre quemarla y gasificarla si en definitiva las calorías son las mismas?.

Empecemos por responder a esta primera interrogante, diciendo que también los derivados del petróleo tienen su poder calorífico inherente al refinado de que se trate pero que de sus aproximadas 10.000 Cal/Kg podemos aprovechar 9000, 8000 O 5000, según la eficiencia del sistema de procesamiento, desde que se toma del tanque de almacenamiento hasta que se extrae el vapor de la caldera. Y adelantamos desde ya que en el caso de la leña, con las dificultades que implica la utilización de un combustible sólido, las diferencias son mucho más sensibles y pueden alcanzar cifras impensadas.

Esta primera experiencia nos lleva a pensar que corresponde enfocar el tema desde su origen, como única vía de ubicar los alcances de las experiencias actuales en su real dimensión y fundamentalmente, para comprenderlos. Entendemos que la coyuntura energética por la que atraviesa la humanidad exige, no sólo la aplicación de medios técnicos, económicos y humanos, sino la coordinación racional de dichos medios, una altísima dosis de claridad mental para precisar las variables de cada problema y una capacidad de adaptación a las condicionantes de

cada país y de cada lugar que permita desprojarse de las soluciones convencionales y standarizadas, cuando estas no son las más eficientes.

En tal sentido, me voy a permitir expresar uno de los tantos pensamientos del Ing. Jacobo Agrest, experto argentino en temas energéticos, asesor de nuestra firma en dicha materia, en relación con el principio de conservación de la energía, que en su opinión debería expresarse en esta forma:

$$\sum \text{Energías físicas} + \sum \text{Energías mentales} = \text{Cte}$$

Comenzaremos por hacer una breve reseña de cómo funciona un sistema de quemar leña y el origen de sus limitaciones.

Se sabe que la combustión es un fenómeno químico en el cual determinados elementos, fundamentalmente el carbono y el hidrógeno, se combinan con el oxígeno dando lugar a reacciones con desprendimiento de calor (exotérmicas).

$$C + O_2 = CO_2 + \text{Calor}$$

$$14 \text{ Kg de } C + 32 \text{ Kg de } O_2 \longrightarrow 44 \text{ Kg de } CO_2 \qquad (1)$$

$$2\ H_2 + O_2 = 2\ H_2 + \text{Calor}$$

$$4 \text{ Kg de } H_2 + 32 \text{ Kg de } O_2 \longrightarrow 36 \text{ Kg de vapor de agua} \qquad (2)$$

$$2\ C + O_2 = 2\ CO + \text{Calor} \qquad (3)$$

Las reacciones (1) y (2) corresponden a la combustión completa, en que el carbono y el hidrógeno liberan todo su calor de combustión.

La reacción (3) corresponde a la combustión incompleta, en que el carbono libera aproximadamente 1/3 de su calor de combustión.

Estas reacciones nos van dando las condiciones cuantitativas del fenómeno de combustión: se necesita una cantidad determinada de oxígeno, o su equivalente en aire para lograr una combustión completa.

Pero como toda reacción química, existen otros parámetros que deben respetarse a fin de que dicha reacción se complete y que dependen de las características físico-químicas de los reactantes.

1 - Cantidad de aire

2 - Temperatura de ignición

3 - Pulverización del combustible

4 - Turbulencia de la mezcla

5 - Tiempo

1 - CANTIDAD DE AIRE

Debe estar de acuerdo con la cantidad de combustible a quemar. De acuerdo a las fórmulas (1) y (2) y a la

composición promedial de la leña de acuerdo a la tabla que sigue, se necesitarían aproximadamente 6 Kg de aire por cada Kg de leña a quemar.

Carbono	48%
Hidrógeno	6%
Oxígeno	45%
Ceniza	1%
TOTAL	100%

En la práctica no puede asegurarse combustión completa a menos que se use mayor cantidad de aire que la teórica, sobre todo en el caso de los combustibles sólidos por la dificultad de mezclar el aire con los combustibles volátiles encima del lecho de combustible y a la necesidad de completar la combustión dentro del hogar. Surge allí el concepto de exceso de aire.

2 - TEMPERATURA DE IGNICION

Ninguna sustancia puede quemar hasta que se lleve a una temperatura en la cual su reacción con el oxígeno sea suficientemente rápida.

3 - PULVERIZACION

La unión del carbono e hidrógeno con el oxígeno debe ser suficientemente íntima y eficaz para dar lugar a las respectivas reacciones.

En definitiva, todo combustible, cualquiera sea su estado inicial, tiene un pasaje al estado gaseoso antes de quemar. De ahí la necesidad de atomizar el combustible líquido y de dividir suficientemente el combustible sólido como para que tenga un rápido pasaje al estado gaseoso antes de ser efectivamente quemado.

4 - TURBULENCIA

El flujo turbulento es el medio por el cual se pueden mezclar rápidamente aire y gas. Corrientes paralelas de aire y gas difundirán lentamente una dentro de otra y provocarán una combustión lenta. Si el flujo es turbulento se aumenta la oportunidad del contacto íntimo entre aire y gas.

5 - TIEMPO

Todas las reacciones químicas requieren un determinado tiempo para ser completadas, debido a la propia naturaleza de la reacción o a la dificultad de que los reactantes se pongan en contacto con suficiente rapidez.

Veamos cómo juegan cada uno de estos factores en un sistema convencional de quemado de leña.

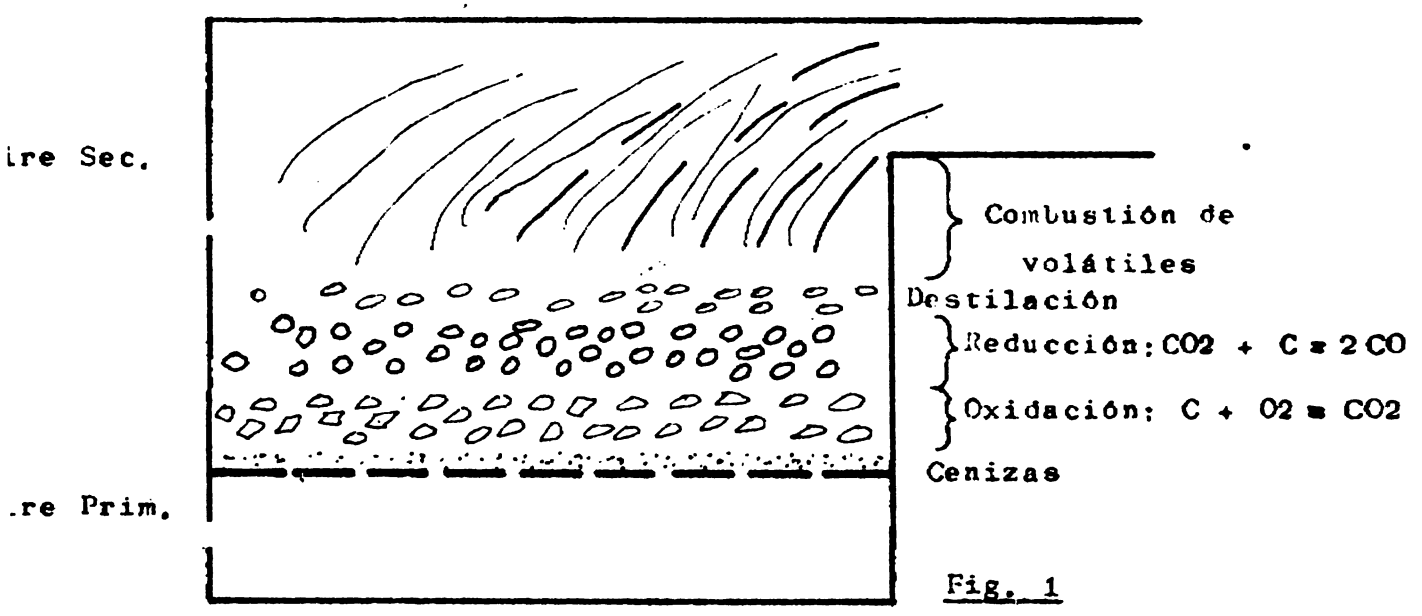


Fig. 1

Físicamente, las reacciones de combustión se realizan dentro de una cámara (hogar) en la que el proceso, por razones prácticas, se aparta bastante del esquema teórico anterior.

Se tiene una zona inferior de depósito de cenizas; luego una zona de oxidación (absorción de oxígeno) donde se produce la combustión efectiva, con producción de CO_2, luego una zona de reducción (liberación de oxígeno) donde el CO_2 se transforma en CO y luego la zona superficial donde se produce una destilación con desprendimiento de los elementos volátiles. A partir de allí, en el resto del hogar se debe producir la combustión de dichos volátiles.

El primer factor que juega es la cantidad de aire. Se observa de inmediato la necesidad de que el aporte de aire se realice en dos etapas: una primera, a la que se llama aire primario, por debajo de la grilla, con el que se intenta producir la combustión completa. El esquema nos muestra que sólo se logra parte de dicho propósito, pues los volátiles que se desprenden en la zona de destilación no tuvieron oportunidad de quemar. Parte del aire, llamado secundario, se inyecta por la parte superior para terminar de quemar dichos volátiles. Teóricamente la suma de aires primario y secundario serían los 6 Kg que se necesitan por cada Kg de leña.

Pero en la práctica el fenómeno es bastante más complejo. Basta observar el siguiente análisis del combustible:

Análisis inmediato (en peso)

Materia volátil	65%
Humedad	25%
Carbono fijo	9%
Ceniza	1%
TOTAL	100%

Se observa que el total de materia volátil, incluído humedad en forma de vapor de agua, es del orden del 90%.

La combustión se lleva entonces a cabo por el uso simultáneo de aire primario y secundario y su eficiencia depende de la correcta proporción de ambos. El aire secundario debe ser controlado y mezclado con los gases que dejan el lecho de combustible, de modo de completar la combustión dentro del espacio disponible y con el menor exceso de aire posible.

La falta de uniformidad del lecho de combustible, las entradas adicionales de aire secundario por fugas, la variación de volátiles para cada tipo de leña, etc., hacen muy difícil el contralor adecuado de las proporciones de aire, especialmente el secundario.

El exceso de aire en la cámara de combustión depende fundamentalmente del método de quemado, y se llega a valores hasta del 100%.

Vale citar aquí, a título informativo, los ensayos realizados por el Ing. Féliz de Medina, Director del Instituto de Máquinas de la Facultad de Ingeniería, que aparecen en la Publicación Nº 2 del año 1943, con el título: "La madera como combustible industrial", realizados en varias calderas con diseños convencionales vigentes al día de hoy. Resumimos en la tabla siguiente algunos valores de interés:

Combustible ensayado	Cons. comb. Kg/h	Agua evap. Kg/h	Rend. global %	Razón aire/comb	Análisis de gases		
					CO_2	CO	O_2
Eucaliptus	102	252	42	16.3	5.8	0	15.6
Leña de monte	109	330	58	13.8	6.3	0	13.4

Se observa que el exceso de aire es del orden del 100%, cuando se pretende quemar totalmente la leña.

Analicemos el 2° factor: temperatura de ignición. Cada componente combustible tiene su temperatura de encendido con el aire. En el caso de la leña:

Coke : 430 a 550°C

Hidrógeno : 580 a 590°C

CO : 640 a 660°C

Metano : 650 a 750°C

La velocidad de la reacción aumenta con la temperatura, pero por otra parte se ha comprobado que a las temperaturas usuales en hogares, los hidrocarburos contenidos en los gases o materia volátil se descomponen completamente en C e H en 1/30 de segundo. Para evitar la producción de humo negro este carbono debe ser quemado y si no se tiene el exceso de aire secundario adecua

do o simplemente el contacto con una superficie fría, se detiene la combustión saliendo CO e H con los gases. En condiciones extremas el carbono permanece sin quemar y forma hollín.

Deben analizarse juntos los factores 3 y 4 : pulverización y turbulencia, para lo cual haremos referencia a la Fig. 1.

Teniendo en cuenta que alrededor del 90% de la leña se transforma en materia volátil, es fundamental la acción del aire secundario a efectos de completar la combustión. Pero es evidente que parte de ese aire no se mézcla efectivamente con el gas y se tiende a producir una estratificación entre las corrientes de aire y gas. A la salida, hay aire insuficiente en la parte superior del fuego, de modo que los hidrocarburos tienden a disociarse en C e H, produciendo humo negro.

Tales condiciones son agravadas al aumentar la carga de leña, desde que se produce un mayor caudal de gases y se hace más difícil para el aire penetrar y mezclarse con la corriente gaseosa.

En cuanto al factor tiempo, debe darse un cierto lapso para la combustión, tanto en el lecho de combustible sólido como en la materia volátil. Un lecho muy fino permite ser atravesado por el aire sin quemar, al no haber contacto suficiente entre aire y leña.

El hogar debe permitir una mezcla íntima e inmediata entre aire y gases a su entrada a efectos de asegurar una rápida combustión, lo que resulta muy difícil si se tiene en cuenta que la materia volátil es desprendida brusca e irregularmente en los momentos que se carga el hogar. Gran parte de ella seguirá su curso hacia la chimenea sin sus calorías.

Como conclusión final, con la cual existe unanimidad de piniones, tanto en la bibliografía como de parte de los usuarios, e puede establecer que en los sistemas convencionales de quemar eña no es posible combinar adecuadamente los distintos factores ue gobiernan la combustión: cantidad de aire con mínimo exceso, emperatura, pulverización, turbulencia y tiempo.

Como resultado, tal como se deduce de los ensayos realiados por el Ing. De Medina, se obtiene un sistema de muy baja ficiencia térmica (45 a 60%), excesos de aire entre 50 y 100% uando no debería superar el 30%, gases de salida con 6% de CO_2 uando el teórico es 20.5% y el razonable no menor del 14%. Todo llo agravado por dificultades de operación y mantenimiento que o vale la pena en este momento considerar.

ASIFICACION

La intención de superar estos problemas conduce al proeso de gasificación, a través de un razonamiento tan claro coo elemental. Teniendo en cuenta las dificultades que implica quear un combustible sólido, que el 90% de la leña es transformable n materia volátil y que el gas es la condición ideal de utilizaión eficiente de un combustible, parece lógico transformarlo rimero en gas, siempre que sea tecnológicamente posible y luego emarlo.

Es indudable que la mayor dificultad para la combustión e la leña radica en su tamaño, teniendo presente los factores analizados, por lo que se ha pensado también como solución, educirla a trozos suficientemente pequeños (chips) como para locar una combustión más eficiente.

Desde nuestro punto de vista, en coincidencia con el Ing. Agrest, cuyos estudios y experiencias en el tema durante 40 años merecen profundo respeto, podemos señalar:

1°) El "chip" sigue siendo un combustible sólido y por tanto se trata de una solución a medias.

2°) La fabricación del "chip" implica un consumo energético importante.

3°) Si es posible gasificar la leña a partir de trozos grandes y utilizar dicho gas con la máxima eficiencia, ¿ qué sentido tiene reducirla previamente gastando gran parte de las calorías que pretendemos ahorrar ?.

Una vez convencidos del camino que debíamos transitar, durante los últimos 18 meses hemos volcado nuestros esfuerzos en tal dirección. Al cabo de los mismos, podemos decir que hoy estamos culminando una primera etapa de estudios, ensayos, realizaciones y experiencias concretas, cuyos resultados nos permiten ser ampliamente optimistas y encarar las próximas con alentadoras perspectivas. Se ha logrado mucho más de lo previsto y se tiene la certeza que queda mucho por lograr.

DESCRIPCION DEL GASOGENO

En la Fig. 2 se observan las características constructivas del equipo.

La cámara donde se gasifica la leña consta de una envolvente interior corrugada, una envolvente exterior formando camisa de agua, una grilla giratoria formada por cua-

tro discos escalonados y un cenicero en la parte inferior con válvula exclusa. En la parte superior se dispone una cámara de carga con una válvula intermedia que permite efectuar la carga del gasógeno sin comunicación con el exterior.

El dimensionado del equipo (diámetro y altura del gasógeno, volumen de la cámara de carga) dependen de la capacidad de la caldera a la que se alimenta y por tanto del consumo horario de leña.

La camisa de agua está comunicada con la caldera a través de tubos montantes y bajantes, de modo de establecer la circulación por termosifón, aprovechar todo el calor generado en el gasógeno y trabajar con bajas temperaturas en los elementos metálicos.

Un ventilador inyecta el aire de gasificación a través de la grilla y su regulación permite dosificar la cantidad y calidad de los gases.

El diseño de la grilla y su régimen de rotación permiten la doble función de evacuación de cenizas y remoción del lecho de leña a fin de asegurar su uniformidad, condición básica para la eficiencia del proceso de gasificación.

El objetivo del gasógeno es convertir la leña como combustible sólido, en combustible gaseoso. El gas que se produce contiene CO y H_2 como componentes combustibles principales, mezclados con un volumen apreciable de gases inertes tales como CO_2 y N_2 y cantidades más pequeñas de metano y otros gases.

En la Fig. 3 se indican las reacciones químicas que se producen, en los distintos niveles del lecho de leña.

En condiciones adecuadas de funcionamiento, la relación CO/CO_2 en los gases de salida es del orden de 5 y el contenido de CO_2 menor del 6%.

Los gases que salen por la parte superior son introducidos en la cámara de combustión de la caldera, que a partir de allí opera en las mismas condiciones que con combustible líquido. Salvo el agregado de un cenicero en la caja trasera para evacuar el resto de cenizas arrastradas, la caldera es constructivamente idéntica a la que trabaja con fuel-oil.

No obstante, vale la pena señalar algunas características importantes del diseño, pues en definitiva es el conjunto el que determina la eficiencia global del sistema.

La cámara de combustión es de tipo torsional.

Una camisa interior de agua permite trabajar con bajas temperaturas y eliminar materiales refractarios, al mismo tiempo que precalienta el aire de combustión proveniente del ventilador secundario. Este aire pasa a través de una serie de toberas dispuestas de modo de imprimir a las partículas de combustible un movimiento de rotación dentro de la cámara, aumentando el tiempo de permanencia dentro de la misma y creando condiciones óptimas de turbulencia para la mezcla aire-gas.

En este punto se han optimizado los cinco factores gobernantes de la combustión: regulación adecuada del aire, temperatura de ignición estabilizada, pulverización máxima del combustible, máxima turbulencia y máximo tiempo de permanencia.

El hogar es totalmente corrugado, eliminándose los esfuerzos provenientes de dilataciones y contracciones, permanente causa de desperfectos y accidentes en las calderas.

La caja trasera es refrigerada, eliminándose totalmente los materiales refractarios, lo que permite una sensible disminución en los costos de mantenimiento, así como condiciones de operación más seguras para la placa trasera, por trabajar a menor temperatura.

Finalmente, la disposición excéntrica del hogar permite, por un lado, tener acceso a la parte superior del mismo para inspección y limpieza; por otro lado, mejorar las condiciones de circulación interna del agua al definir claramente los caminos del termosifón, creando condiciones de refrigeración mucho más favorables para las partes metálicas de la caldera.

Resumiremos a continuación las características básicas del sistema:

1) La caldera pasa a trabajar con combustible gaseoso en lugar de combustible sólido.

2) Como consecuencia, exceso de aire mucho menor (10 a 20%); eficiencia térmica mucho mayor (80%) y condiciones de limpieza más favorables.

3) Todo el calor generado en el gasógeno es aprovechado en el sistema.

4) No hay materiales refractarios en el gasógeno, con lo que su costo de mantenimiento es nulo.

5) La grilla es sumamente simple y está en parte refrigerada, con lo que su costo de mantenimiento es ínfimo.

6) Se puede alimentar cualquier otro material combustible al gasógeno, hasta cierta proporción (25%) sin alterar su funcionamiento. (aserrín, viruta, otros deshechos combustibles).

7) Se puede operar indistintamente con leña o fuel-oil, pasando de un combustible a otro sin ninguna otra maniobra que la preparación de los respectivos combustibles.

8) La operación de la caldera con gasógeno es más simple que con fuel-oil y el foguista se adapta inmediatamente al nuevo sistema.

ANTECEDENTES

Como expresara anteriormente, nuestra firma lleva 18 meses experimentando en el campo de los gasógenos, pero cuenta con el asesoramiento del Ing. Jacobo Agrest, reconocido como autoridad indiscutida en temas energéticos, representante de su país en cuantos congresos mundiales se han realizado en las últimas décadas, con 40 años de labor incansable a todos los niveles, adecuando su alta capacidad técnica-científica a las necesidades del mundo industrial, referidas concretamente al campo energético. Esto lo llevó a idear el primer gasógeno para maíz, construído durante la 2da. guerra mundial cuando tenía a su cargo la planta de celulosa Argentina, así como la cámara torsional, como solución óptima para combustibles sólidos de pequeño tamaño y multotud de proyectos realizados en su país, en Chile, Venezuela, España e Italia, todos ellos relacionados con la mejor utilización de combustibles sucedáneos del petróleo.

Desde el año 1974, JULIO BERKES S.A. ha introducido los diseños del Ingº. Agrest en calderas para fuel-oil, cuyos detalles ya hemos analizado. Y si bien los mayores costos pueden no

habernos favorecido desde el punto de vista comercial, las excelencias ya comprobadas del diseño nos reafirman hoy en el camino elegido: no sacrificar calidad y eficiencia por precio. Sobre todo cuando tenemos hoy el absoluto convencimiento que en la avaluación global del problema, el diseño inicialmente más caro resulta en definitiva el más económico para el inversionista.

En el año 1977 se construyó una caldera de 10 Ton/h, 20 Kg/cm2 para la firma SAIM para quemar cáscara de girasol por el sistema torsional, lográndose un rendimiento hasta ahora desconocido de 5 Kg de vapor por Kg de cáscara.

Transitando por ese mismo camino llegamos a mediados de 1979 a enfrentar la inquietud de un cliente, Refrescos del Norte, de adaptar su caldera, que estaba en construcción, para quemar leña. De acuerdo a la línea trazada y conciente de la ineficiencia de los sistemas convencionales, el Ing. Agrest sólo accedió cuando se aoptó la adaptación de un gasógeno.

Allí empezó esta nueva etapa que seguramente será muy prolongada y que hasta la fecha, aparte del difícil proceso de estudios, proyectos, ensayos y experiencias de todo tipo, se ha concretado en cinco proyectos ya realizados.

- Refrescos del Norte (Salto) - Caldera y gasógeno para 1.200 Kg de vapor por hora, fuel-oil o leña. Ha sido probada en Taller y en Planta pero no ha entrado en régimen.

- Industria Maderera del Norte S.A. (Bella Unión) - Adaptación del gasógeno y cámara torsional a caldera existente de 800 Kg de vapor por hora. En funcionamiento contínuo desde el 9 de junio de 1980.

- INLACSA (Salto) - Caldera y gasógeno para 1.500 Kg de vapor por hora, fuel-oil o leña. Ha sido probada en taller y en planta, pero no ha entrado en régimen.

- HIELOGAS S.A. (Montevideo) - Caldera y gasógeno para 8.000 Kg de vapor por hora. En funcionamiento desde el 10 de Noviembre de 1980.

- COLEQUE - (Quebracho) - Caldera y gasógeno para 1.500 Kg de vapor por hora, fuel-oil o leña. Está construída en taller, pronta para iniciar su montaje.

Las experiencias recogidas en Industria Maderera del Norte, luego de seis meses de funcionamiento contínuo, permiten extraer conclusiones importantes, a las que nos referiremos en la forma más objetiva posible.

CONCLUSIONES EN INDUSTRIA MADERERA DEL NORTE

1) OPERACION - Se ha mantenido el servicio de vapor de la planta sin una sola interrupción, con presión estable, trabajando durante 6 meses, promedio 12 horas diarias, con una parada para limpieza cada 15 días. A la hora 17 se detiene la producción, manteniéndose el gasógeno por sí mismo con cargas muy esporádicas, arrancándose al día siguiente con una hora de anticipación.

Bajo las mismas condiciones de consumo de vapor en la planta, se mantiene la presión de vapor en 8 Kg/cm2 con más facilidad que cuando se operaba con fuel-oil.

2) MANTENIMIENTO - Se realizan dos extracciones por día del cenicero del gasógeno y una limpieza general cada 15 días. Según la opinión de los propios foguistas, la operación es más fácil y rápida que cuando se trabajaba con fuel-oil.

En general existen menos problemas, por resultar más sencilla la instalación.

Desde el punto de vista del agua, las condicionantes son exactamente las mismas que en la operación con fuel-oil.

3) PERSONAL - Luego de encendida en dos oportunidades y dadas las correspondientes instrucciones de funcionamiento, el personal se manejó por sí mismo, sin ningún tipo de ayuda, salvo algún pequeño ajuste posterior de operación. La adaptación al equipo fue inmediata, adquiriendo total confianza y seguridad a los pocos días de marcha.

4) ANORMALIDADES - Al cabo de 6 meses de marcha, se cambió un perno del mecanismo de la válvula de campana y se observa deterioro en dos de los cuatro discos que componen la grilla. Aparentemente, en el peor de los casos, esos dos discos podrían requerir cambio a los 12 meses; se trata de un costo ínfimo (no más de 30 Kg de fundición), mientras los dos más grandes se encuentran en perfectas condiciones y resulta imposible predecir su duración.

El resto del equipo: gasógeno, cenicero, cámara de carga, válvula de campana, ventiladores, cámara torsional, ductos de gases, se encuentran intactos.

5) EFICIENCIA - Se ha trabajado con leña de humedad muy variable (del 20 al 50%). Tomando un promedio muy optimista del 30% y partiendo de los consumos anteriores operando con fuel-oil para las mismas condiciones de producción, la relación Kg de leña / Kg de fuel tiene un mínimo de 3.1 y un máximo de 3.6.

$$\text{RELACION } \frac{\text{KG LEÑA}}{\text{KG FUEL}} = 3.1 \text{ a } 3.6$$

$$\text{RELACION } \frac{\text{KG VAPOR}}{\text{KG LEÑA}} = 3.8 \text{ a } 4.3$$

ANALISIS DE GASES DE SALIDA :

CO_2 = 16 a 18%
CO = 0
O_2 = 2 a 4%

TEMPERATURA DE GASES DE SALIDA : 270 a 280°C

CARBONO FIJO EN CENIZAS : Menos de 0.5%

CONCLUSIONES EN HIELOGAS

Características de la caldera:

Capacidad de producción de vapor: 8000 Kg/h

Producción real en operación: 5.000 Kg/h

Presión de trabajo : 16 Kg/cm2

Lleva sólo 15 días de funcionamiento, por lo que no se disponen todavía el tipo de conclusiones de largo plazo . No obstante, la experiencia recogida hasta el presente es de por sí muy valiosa.

Desde el punto de vista de la operación y de la adaptabilidad del personal se dan exactamente las mismas condiciones que en el caso anterior, a pesar de procesar un promedio de 1.100 Kg de leña por hora, durante las 24 horas del día en lugar de 150 durante 12 horas..

Desde el punto de vista del mantenimiento, se efectúa una extracción de cenizas del gasógeno cada 2 horas (aproximadamente 15 Kg). No se ha determinado todavía el ciclo de limpieza general, aunque se piensa no será menor de 15 días. Se nota sí una mayor acumulación de cenizas en la caldera que en el caso anterior por la utilización de leña con corteza.

Desde el punto de vista de la eficiencia, con leña del 30% de humedad, a igualdad de producción de gas carbónico y de vapor que en la operación con fuel-oil, los valores obtenidos son los siguientes:

RELACION $\frac{\text{KG LEÑA}}{\text{KG FUEL}}$ = 3 a 3.1

RELACION $\frac{\text{KG VAPOR}}{\text{KG LEÑA}}$ = 3.9 a 4.4

HUMEDAD DE LEÑA : 25 a 35%

ANALISIS DE GASES DE SALIDA : CO_2 = 17 a 18%
CO = 0
O_2 = 2 a 3%

TEMPERATURA DE GASES DE SALIDA : 270°C durante los 3 primeros días; llega a 320°C a los 8 días de funcionamiento contínuo 24 horas diarias.

CARBONO FIJO EN CENIZAS : Menos del 0.5%

REFLEXION FINAL

Vivimos una hora de transición, en que inexorablemente la humanidad va abandonando la cómoda era del petróleo. Al cabo de la misma surgirá seguramente un nuevo orden de valores, un nuevo estilo de vida, en función de las soluciones sustitutivas que recién empiezan a vislumbrarse.

En la medida que cada grupo humano aporte el máximo de su capacidad y de su esfuerzo en procura de su propia solución, de acuerdo a las condicionantes de su propio medio, con las energías mentales propias, se podrán encontrar las energías físicas que posibiliten una feliz supervivencia.

Será necesario un acuerdo nacional sobre bases muy claras, con una total revisión y actualización de conceptos.

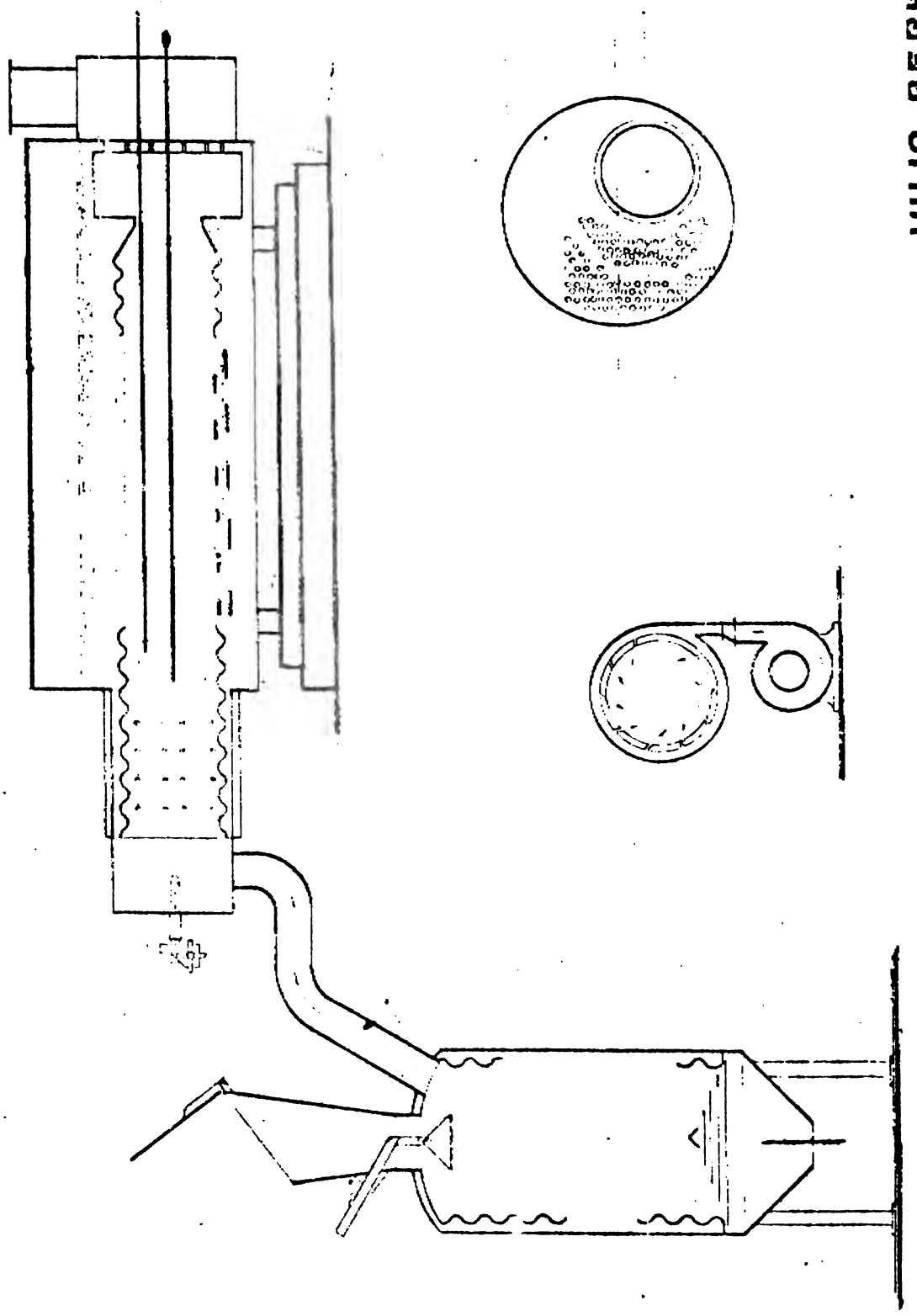
En tal sentido, y como aporte derivado de nuestra órbita específica de actividad, nos permitimos dejar planteadas dos interrogantes:

1°) ¿Debe mantenerse el actual concepto de rentabilidad?
¿Cuál es la tasa de interés que corresponde aplicar cuando se enfoca un problema de ahorro de combustible, sea renovable o no?. ¿No deberá pensarse la rentabilidad en términos de calorías, imponiéndose el ahorro energético como meta inicial, obligando a una readaptación de los factores económicos con un nuevo equilibrio de valores?.

En otras palabras, la moneda es un elemento versátil y cambiante, creada y manejada por el hombre. La energía en cambio se deja transformar, pero le impone su absoluto remado.

2°) ¿Es válido confiar en el esfuerzo nacional o debemos basarnos en tecnologías importadas siguiendo líneas de pensamiento tradicionales?

Una avaluación precisa pero inmediata de las posibilidades internas y de las externas permitirá seleccionar la opción que al Uruguay de hoy, con los recursos físico-humanos que dispone, frente a la actual coyuntura mundial, le conviene.



JULIO BERKESI

PREFACTIBILIDAD DE PRODUCCION DE ETANOL CARBURANTE
PROYECTO SORGO AZUCARADO

I. Q. Juan A. Cipolina
Facultad de Ingeniería

I. Q. Carlos Bertone
Facultad de Ingeniería

I. Q. Jaime Villizzio
Facultad de Ingeniería

1. OBJETIVO

Este trabajo es un informe preliminar de los estudios que se están llevando a cabo en el Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería. El objetivo final de estos estudios es determinar la factibilidad económica de la obtención de alcohol para combustible en motores ciclo Otto.

El etanol se obtiene a partir de sorgo sacarígeno mediante tres procesos, clásico, continuo y Ex-Ferm.

Este informe detalla el avance logrado hasta el momento en el proceso clásico, llegándose a establecer el costo del litro de alcohol partiendo de una tasa interna de retorno del 12%.

2. ALCANCE

Como se manifestó en el punto anterior, lo que se presenta en este trabajo es un informe preliminar, por lo que los datos aquí presentados van a sufrir ajustes a medida que la información obtenida en los estudios lo justifique.

Se considera que este proyecto será llevado a cabo por un inversor privado y no se tiene en cuenta prerrogativas fiscales ni beneficios especiales por parte del Gobierno para su implantación.

El modelo de trabajo que se propone en este proyecto, es el siguiente:

- No existe inversión agrícola, salvo ayuda financiera al productor y un departamento de extensión agrícola.
- Se compra el sorgo azucarado en la destilería y solamente se procesa el tallo. La panoja se vende a U$S/ton. 142 para complemento de forrajes.
- Se vende el etanol y el alcohol de segunda (U$S/lt. 0,30) a A.N.C.A.P. - en la destilería.

La composición de la materia prima, rendimientos industriales y condiciones del proceso, se han tomado de ensayos realizados a escala de laboratorio en el Instituto de Ingeniería Química y de antecedentes bibliográficos (1).

La ingeniería del proyecto es de carácter preliminar.

3. INTRODUCCION

3.1. Antecedentes

Con el advenimiento de la crisis energética todos los países se han lanzado, con mayor o menor énfasis, a investigar posibles fuentes de energía de alternativa. Entre ellas, el alcohol etílico a partir de fuentes renovables, tiene un papel preponderante, siendo el Brasil el país que va a la vanguardia en su uso.

Considerando que el Brasil, con 5 años de existencia del Programa Pro-Alcohol, ha demostrado la factibilidad técnica de la sustitución, se puede pensar que en el Uruguay sería factible aplicar la misma solución para en principio sustituir parcialmente la nafta y luego sustituirla totalmente, y asimismo encarar un programa para sustituir el gas-oil. No se considera conveniente pensar, a largo plazo, en una sustitución de la nafta sin pensar en sustituir el gas-oil, y también los cortes pesados del petróleo.

Por lo que mencionamos del caso brasileño, no conviene abundar en detalles sobre la utilización del alcohol en motores, ya que ello está perfectamente demostrado por el Programa Pro-Alcohol.

Al iniciar este proyecto se realizó un balance energético de todas aquellas materias primas nacionales que podrían producir etanol, mediante distintos procesos de actual aplicación a escala industrial. Es así que luego de este análisis quedaron como posibles materias primas (con balance energético francamente positivo) la caña de azúcar y el sorgo sacarígeno.

Debido a las condiciones de suelo y clima que precisa la caña de azúcar para desarrollarse, nuestro país presenta una pequeña fracción (zona litoral de los Departamentos de Artigas y Salto) en condiciones aptas para desarrollar este cultivo, la cual abarca una superficie del orden de las 40.000 Há. Si consideramos que esta superficie ya en su mayor parte está destinada a la caña de azúcar con la finalidad de obtener azúcar, queda poca superficie disponible para plantar caña con la finalidad de obtener el alcohol carburante. De esta forma queda el sorgo sacarígeno como cultivo con balance energético positivo, con posibilidades de plantarse extensamente para obtener etanol.

3.2. Materia Prima

3.2.1. Características Agrícolas

El sorgo azucarado presenta varias condiciones semejantes a las que presenta la caña de azúcar. Es sin embargo de ciclo corto (3 a 5 meses), posibilitando la explotación de los rebrotes, pudiéndose llegar a duplicar la producción de etanol, tal como se observa en el Cuadro Nº 1. Como la zafra del sorgo no es simultánea con la de la caña, ambos cultivos pueden procesarse en la misma destilería. Esto tiene como gran ventaja la de lograr una mayor amortización de los equipos industriales, en nuestro caso sólo hemos considerado que la destilería procesa jugo de sorgo. Del sorgo sacarígeno se obtiene en la cosecha conjuntamente con el tallo, el grano que por su elevado valor nutritivo puede alcanzar un precio mayor que el del sorgo granífero. El grano para ser convertido en etanol, debe hidrolizarse por lo que no se tomó en cuenta para este proyecto. La cosecha principal del sorgo se realiza a los 90-120 días de la siembra y la del rebrote a los 90-120 días de la cosecha principal. Esto permite que seleccionando las variedades adecuadas pueda extenderse el período de cosecha a seis meses, aproximadamente de diciembre a mayo. Aunque todavía no se conoce bien las necesidades de rotación de este cultivo; se considera que una rotación anual es suficiente. En el Cuadro Nº 1 puede encontrarse resultados de distintos ensayos.

De la escasa información internacional y de los pocos cultivos experimentales realizados en nuestro país, se ha tomado para el proyecto un rendimiento por hectárea cultivada de 50 tons. considerando que se realizan dos cortes al año. En el Cuadro Nº 2 se pueden ver los rendimientos utilizados para estimar la ingeniería del proyecto.

3.2.2. De los datos proporcionados por OPYPA y las plantaciones experimentales realizadas por el Plan NORIONE (que trabaja conjuntamente con el Instituto de Ingeniería Química) (2) puede estimarse que el costo del sorgo puesto en planta, en U$S/Há es del orden de 300. Mientras que para la caña de azúcar tenemos un costo del orden de los U$S 650 por Há. Esta diferencia de costo es debida fundamentalmente a que en nuestro país el sorgo sacarígeno no requiere riego artificial como la caña de azúcar.

CUADRO Nº 1

Materia Prima	Variedad	Planta ton/Há.	Azúcar ton/Há.	Alcohol lts/Há.	Alcohol lts/Há./año	Fuente
Sorgo Azucarado	Río	36.6 *	-	2.558	5.755 +	(3)
Sorgo Azucarado	Roma	50.7 *	-	3.594	8.896 +	(3)
Sorgo Azucarado	Ramada	46.7 *	-	3.264	7.344 +	(3)
Caña de Azúcar	-	70.0	-	5.250	4.125	(3)
Sorgo Azucarado	-	32.5 *	4.6	2.460	2.460 ++	(4)
Caña de Azúcar	-	70.0	10.5	5.250	4.500	(4)
Sorgo Azucarado	-	40.0 *	-	-	3.775 ++	(5)
Caña de Azúcar	-	70.0	-	-	4.590	(5)

\+ Calculado en base a tres cortes: 2º corte 75% del 1º; 3er. corte 50% del 1º.

++ Calculado en base a un solo corte.

* Primer corte.

CUADRO Nº 2 - VALORES CARACTERISTICOS

A) De las investigaciones preliminares realizadas en el Instituto de Ingeniería Química - 1979.

Planta ton/Há.	Planta % Az.	Jugo % Az.	Azúcar ton/Há.	$n_{ferm.}$
60 +	13.6	17.0	8,2	0,97

+ Un solo corte

B) Para la escala industrial.

Planta ton/Ha.	Planta % Az.	Azúcar ton/Há.	$n_{extracc.}$*	$n_{ferm-dest.}$*	Alcohol lts/Há.
50 ++	12	6	0,91	0,87	3.060

++ Dos cortes.

* Tomados de (5)

4. TAMAÑO Y LOCALIZACION

4.1. Tamaño

Considerando:

a) que la sustitución de la gasolina es una experiencia nueva en el país, se estima razonable no sustituir el 20% de todo el consumo sino una fracción de él;

b) según información obtenida desde Brasil, la economía de escala mínima de las destilerías es de 100 m^3 por día;

se tomó el tamaño más adecuado para este proyecto, que tendría un carácter demostrativo, de 100 m^3 de etanol anhidro.

De acuerdo a lo antedicho, la superficie a cultivar sería del orden de 10.000 Há (incluyendo rotación anual).

4.2. Localización

A los efectos de ubicar geográficamente el proyecto se tomó en consideración:

- el sorgo no requiere suelos especiales para obtener el rendimiento estipulado.
- la superficie afectada de cultivo es del orden de las 10.000 Há.
- la planta es energéticamente autosuficiente.
- el proceso utiliza pequeños volúmenes de materias primas auxiliares.
- tiene un consumo de agua del orden de los 1.000 m^3 por hora.

Se estima que la zona más adecuada para localizar el proyecto es el centro-oeste del país (suroeste del Departamento de Tacuarembó y este del Departamento de Río Negro), ya que aquí no compite con ningún otro cultivo y se dispone de todos los requisitos antes mencionados.

5. INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1. Consideraciones Preliminares

Este diseño se realizó en base a los ensayos de laboratorio realizados en el Instituto de Ingeniería Química, donde se estimaron los parámetros fundamentales del proceso, temperatura, pH, concentración de azúcar del mosto, porcentaje de inóculo, tiempo de reacción, agitación y agregado de nutrientes. Con respecto a este último punto, debe destacarse que la levadura usada (Sacharomise Cerevisae) mostró una excelente adaptabilidad al jugo de sorgo, no siendo necesario el agregado de nutrientes.

Asimismo, la ingeniería del proyecto se realizó en base a datos obtenidos de la industria azucarera nacional (eficiencia de extracción, eficiencia de los servicios, etc.) y de información aportada por proveedores brasileños de destilerías (Conger S.A., Zanini Equipamientos y Codistil).

5.2. Descripción del Proceso

5.2.1. Recepción de la caña

La caña es recibida en camiones con capacidad de carga de 10 a 15 tons., llevándose a la mesa alimentadora. Antes de entrar a los trapiches, se lava con agua límpia.

5.2.2. Preparación y Extracción

La alimentación de la caña para la molienda es realizada a través de cintas transportadoras, donde se encuentran instaladas las cuchillas y el desfibrador, ambos accionados por turbinas a vapor generado con el bagazo.

Cuatro grupos de molinos movidos por turbinas realizan la extracción del jugo. Para obtener una extracción de relativa alta calidad, se moja en contracorriente con agua la caña mientras es trapichada.

5.2.3. Preparación del jugo

Antes de entrar a la fermentación, el jugo se acondiciona en temperatura, pH y concentración. Una parte del mismo va a la prefermentación y otra parte va directamente a la fermentación.

5.2.4. Prefermentación

El objetivo de la prefermentación es alcanzar el volumen del inóculo necesario para iniciar la reacción en un fermentador. En esta etapa se recupera la levadura mediante el proceso Melle-Boinot.

5.2.5. Fermentación

Se realiza en 16 fermentadores de hierro con una capacidad de 180 m^3 cada uno. El fermentador tiene agitación por medio de turbina de 6 paletas y de 4 baffles.

5.2.6. Destilación del mosto

El conjunto de destilación está compuesto fundamentalmente de 7 columnas:

- columna de destilación del mosto.
- columna de depuración del mosto, instalada sobre la anterior.
- columna de concentración de aldehidos, instalada sobre la columna de depuración del mosto.
- columna de rectificación.
- columna de deshidratación.
- columna de recuperación de benzol.

El mosto antes de entrar a la columna de destilación, se precalienta con el efluente de la torre de manera de obtener la mayor temperatura posible antes de procederse a su introducción a la torre.

5.2.7. Generación de vapor

El vapor es generado a alta presión y temperatura para descomprimirlo en un turbogenerador, cuyo vapor de contrapresión se usa en la destilería. La central de potencia consta de dos calderas para quemar bagazo de una producción diaria de 500 tons. de vapor sobrecalentado, de 30 kg.#/cm^2 y 300°C. La necesidad de energía eléctrica de la planta es del orden de 850 KVA, y la de energía mecánica del orden de los 1.000 HP. Ambos requerimientos son proporcionados por la combustión del bagazo y queda como excedente el 49% del producido en la molienda.

5.2.8. Utilización de la vinaza

Actualmente existen tres posibilidades para el uso de la vinaza (6)(7):

- como fertilizante, transportándola por medio de canales y camiones tanque desde la planta hasta los plantíos.
- centrifugándola y el sólido usarlo como complemento de raciones animales.
- degradándola mediante un proceso anaeróbico y obteniendo biogas y efluente para regar los terrenos.

FACULTAD DE INGENIERIA - INSTITUTO DE INGENIERIA QUIMICA
ANTEPROYECTO: ETANOL A PARTIR DEL SORGO

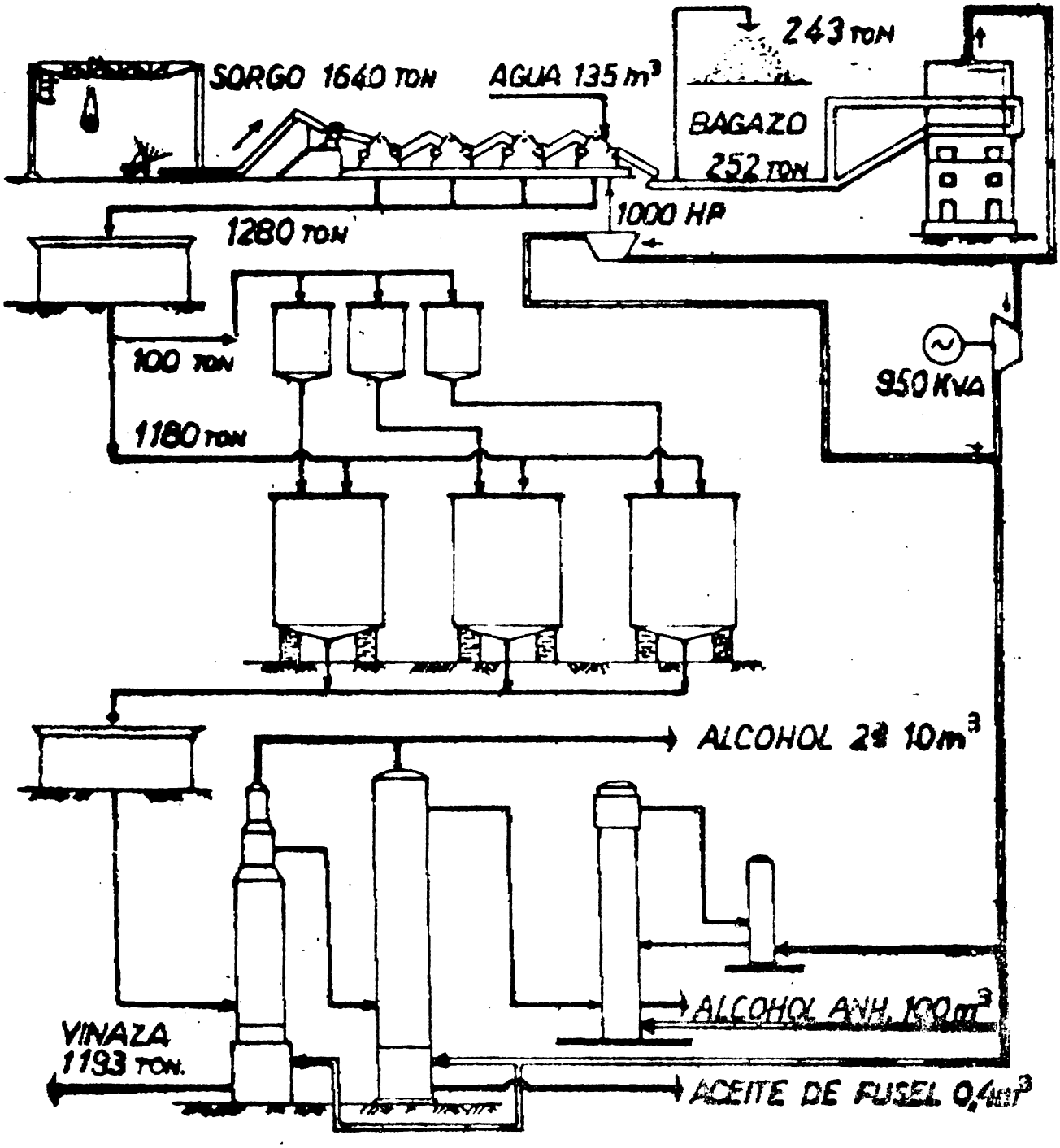


DIAGRAMA DE FLUJO

CUADRO 3

E.I.B. 10.12.80

Se estima que la opción más rentable de todas éstas, es la última, no obstante ello, todavía no está suficientemente experimentada, por lo que para este proyecto se supuso que se realiza la primera de ellas, que en orden de rentabilidad es la segunda. Se considera que el industrial paga al productor rural U$S 0.72 por ton de vinaza para que se la retiren de la planta.

En el Cuadro Nº 3 se puede ver un Diagrama de Flujo primario del proceso y un balance de masa del mismo.

6. INVERSIONES

6.1. Costo total de la planta

El costo de la planta asciende a U$S 13:300.000 (8)

6.2. Capital Circulante (9) (10)

			U$S
Materia Prima:			
	Sorgo azuc.	3.000 ton.	18.000
	Ac. Sulfúrico 98%	10 m^3	2.600
	Soda 50°Bé	10 m^3	1.900
	Fuel-oil	50 m^3	12.500
	Benceno	6 m^3	11.880
		Subtotal	46.880
Materiales en proceso:			41.130
Productos terminados - 1.500 m^3 alcohol anh.			293.850
Adelanto al productor - 60% del valor total de la cosecha puesta en planta - 245.000 ton.			882.000

Insumos - Se considera que la empresa compra con crédito a 60 días y vende a 90 días. Por lo que es necesario disponer de capital para un mes de materias primas y 3 de salarios.

Insumos		91.500
Sueldos y cargas sociales:		
Asalariados	U$S 20.250	
Mensuales	" 35.000	
Cargas sociales:		
Asalariados	U$S 10.125	
Mensuales	" 12.250	
Total sueldos y cargas sociales		232.870
Subtotal capital circulante:		1:588.230
Imprevistos		159.000
	TOTAL	U$S 1:750.000

5.3. Costos de Producción

Aumento de inventario: (sobre el 1er. año)		U$S 160.000
Costos fijos		
- Capital de puesta en marcha		U$S 100.000
- Mano de obra indirecta		" 567.000
- Seguros (incendio, accidente y robo)		" 106.000
Costos de capital		" 105.000
Total costos fijos		" 878.000
Costos variables		
- Sorgo A	246.000 ton.	" 1:476.000
- Agua pot.	72.000 m^3	" 5.800
- Agua tratada	18.750 m^3	" 1.486
- H_2SO_4 98% com.	97.5 m^3	" 25.350
- NaOH 50°Bé	97.5 m^3	" 18.525
- Benceno	22.5 m^3	" 44.550
- Fuel-Oil	645 m^3	" 161.250
	Subtotales costos variables	U$S 1733.000
	Eliminac. vinaza	" 129.000
	Total costos variables	U$S 1862.000

Costos variables degresivos

- Mano de obra directa	U$S	365.000
- Mantenimiento (5% costo planta)	"	330.000
- Varios	"	100.000
Total costos variables degresivos	U$S	795.000
Subtotal costos producción	"	3:535.000
Imprevistos	"	355.000
Total costos de producción/año	U$S	3:890.000
Impuesto al patrimonio	"	600.000

Depreciación. Dado que la planta funciona solamente 150 días al año, se considera un vida útil de la misma de 15 años, a partir de la puesta en marcha. El valor residual de la instalación al cabo de la vida útil, se considera nulo. Efectuando una depreciación lineal, la cantidad a amortizar anualmente será U$S 887.000

6.4. Secuencia de instalaciones

Se preve un período de 2 años para la instalación de la planta.

1er. año - Ingeniería del proyecto, selección de equipos, señas y contratos	U$S	1:500.000
2do. año - Instalación de la planta	"	11:800.000

6.5. Plan preliminar de funcionamiento

Se estima que la evolución del nivel de producción sea la siguiente:

Año 1 - 75% capac. nominal

Año 2 - 100% capac. nominal

6.6. Financiamiento

La inversión fija se financia en base al capital propio y por medio de un préstamo a 10 años que cubre hasta el 80% de las mismas condiciones del préstamo:

Moneda - dólar

Plazo - 10 años con 3 de gracia

Interés - 12 % sobre saldo

El capital circulante se financia por medio de un préstamo a 6 meses que se toma hasta el año 10, y cuyas condiciones son las siguientes:

Moneda - dólar

Plazo - 6 meses

Interés - 12 % de interés anual

6.7. Precio del litro de alcohol

Se calculó en base a los valores anteriores y fijando una TIR = 12 % para el inversor privado.

En estas condiciones el precio de venta por litro de alcohol anhidro es U$S 0.35.

Para este precio de venta la TIR referida a la inversión total es: 12,3%.

Sobre esta base se elaboró el Cuadro de Fuentes y Usos de Fondos, que se presenta en la página siguiente.

6.8. Período de recuperación o de repago

Inversión total: U$S 13:300.000

Capital recuperado:

Año	miles U$S
1	1.393
2	2.635
3	2.635
4	2.538
5	2.441
Subtotal	11.642
6	2.344
Total	13.986

Período de repago: 5 años y 9 meses.

CUADRO Nº 4 - FUENTES Y USOS DE FONDOS

en miles de U$S

FUENTES	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	....	15
Cap. Propio	1500	2437	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	....	-
Préstamo LP	-	10640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	....	-
Prestamo CP	-	-	1650	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	-	....	-
Saldo a/aut.	-	-	-	-	238	76	-	-	-	-	-	-	1750	....	1750
Alcohol Anh.	-	-	3938	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	5250	....	5250
Alcohol 2da.	-	-	337	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	....	450
Grano Sorgo	-	-	827	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	1102	....	1102
TOTAL FUENTES	-	-	6752	8552	8790	8628	8552	8552	8552	8552	8552	8552	8552	....	8552
USOS															
Inv. Fija	1500	11800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	....	-
Pago C.L.P.	-	1277	1277	1277	2797	2614	2432	2250	2067	1885	1702	-	-	....	-
Pago C.C.P.	-	-	1650	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	-	....	-
Costos Prod.	-	-	3589	3890	3890	3890	3890	3890	3890	3890	3890	3890	3775	....	3615
Imp. Patr.	-	-	120	120	120	188	257	325	393	462	530	600	600	....	600
TOTAL USOS	1500	13077	6636	7037	8557	8442	8329	8215	8100	7987	7845	6240	4375	....	4215
FUENTES USOS	-	-	-	1515	233	186	223	337	452	565	707	2312	4177	....	4337
Imp. renta	-	-	-	157	157	186	214	243	271	300	328	356	385	....	425
Pago Div.	-	-	116	1120	-	-	9	94	181	265	379	206	2042	....	3912
Deprec.	-	-	887	887	887	887	887	887	887	887	887	887	887	....	887
Saldo p.a/sig.	-	-	-	238	76	-	-	-	-	-	-	1750	1750	....	-

Rentabilidad inversor: 0.121 - Rentabilidad Inv. Total: 0.123

U$S/lt. alcohol = 0.35

6.9. Punto de nivelación o de equilibrio

Costos fijos: U$S 1.487.000

Costos variables y degresivos: U$S 2.657.000

Ingresos: U$S 6.802.000

X : tanto por uno del capital utilizado

$$6.802\ X = 2.657\ X + 1.487$$

$$X = 0,36$$

6.10. Composición del costo del litro de alcohol

Ponderado para toda la vida útil del proyecto

	U$S/lt.	%
Amortización capital fijo	0.048	12.4
Interés del capital fijo	0.040	10.3
Interés del capital de trabajo	0.005	1.3
Costos de producción		
- Sorgo azucarado	0.098	25.3
- Materias auxiliares	0.017	4.4
- Mano de obra	0.063	16.2
- Varios	0.070	18.0
Impuesto al patrimonio	0.028	7.2
Impuesto a la renta	0.019	4.9
	0.388	100.0
Productos secundarios:		
- Alcohol de 2da.	- 0.030	
- Grano de sorgo	- 0.073	
	0.285	
Utilidad (TIR = 12%)	0.065	
	0.350	

6.10.1. Análisis de sensibilidad

Manteniendo una TIR = 12%, se considera la influencia del costo de sorgo azucarado en el precio del alcohol anhidro.

La ecuación utilizada es:

$$1.552\ X + 15.000\ PX = 246\ CX + 386\ X + 4.940$$

Donde: 1.552 X = ingresos provenientes de la venta del alcohol de 2da. y grano de sorgo.

15.000 PX = ingresos provenientes de la venta del alcohol anhidro.

246 CX = costo del sorgo azucarado

386 X = costos variables

4.940 = costos fijos

P = precio de venta del alcohol anhidro (U$S/lt.)

C = costo del sorgo azucarado (U$S/ton.)

X = tanto por uno de la capacidad de la planta.

Los resultados se presentan en el gráfico Nº 5.

Por otra parte, analizando los componentes del costo del litro de alcohol, surgen las siguientes consideraciones:

Impuesto al patrimonio: Si el proyecto es considerado de interés nacional, o si fuera llevado a cabo por el Estado, podría eliminarse lo que representa una disminución en el precio del alcohol anhidro de U$S/lt. 0.028.

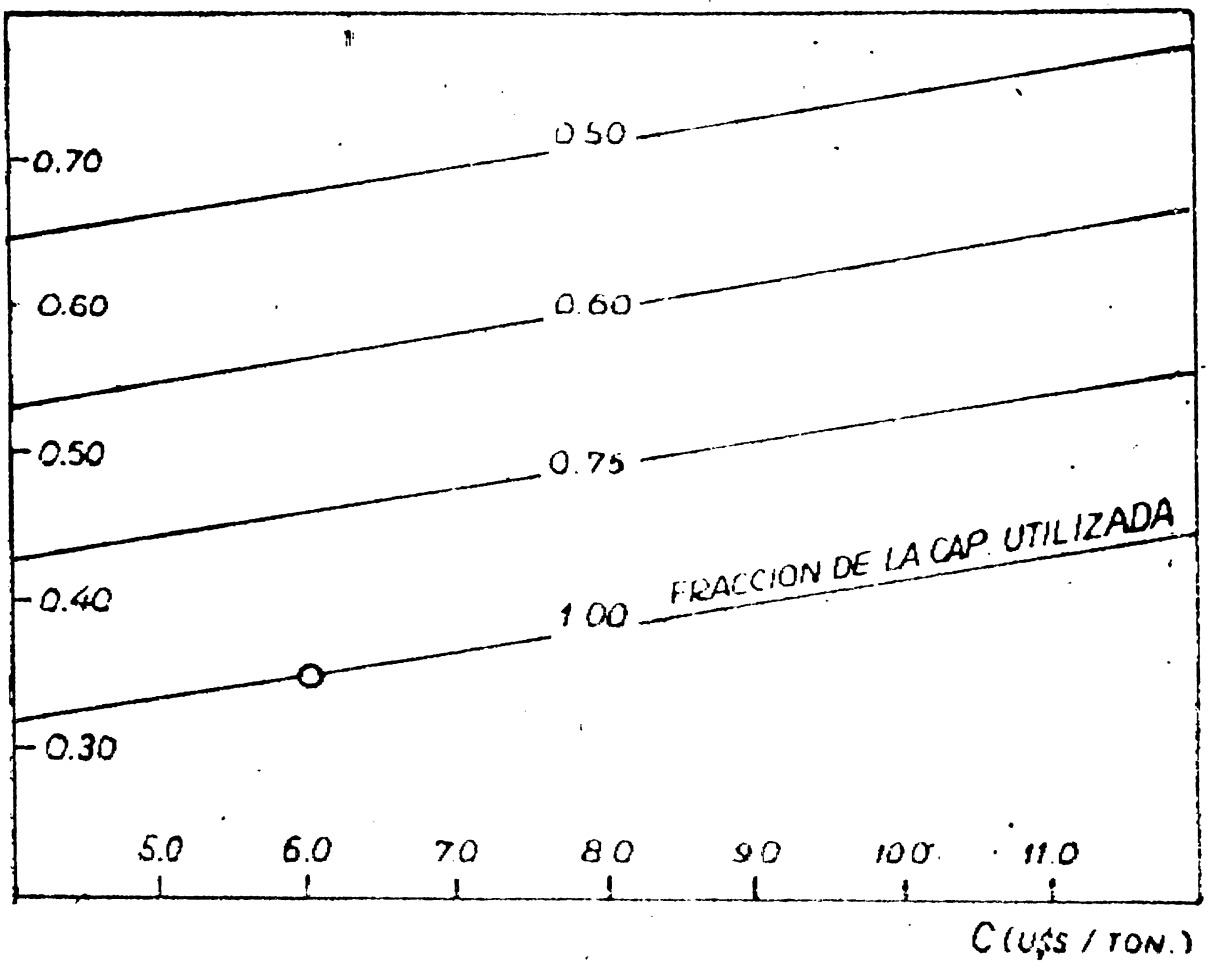
Materias Primas: Como se deduce del Cuadro Nº 1, el rendimiento promedio del 1er. corte para el sorgo azucarado, es de 40 ton/Há. Suponiendo un rendimiento del 2º corte, de un 50% de la cosecha principal, es posible alcanzar las 60 ton./Há., cantidad superior a las 50 ton./Há. tomada en este trabajo como valor conservativo. Considerando dicho incremento en la producción de sorgo, la disminución correspondiente del precio del alcohol es de U$S/lt. 0.016. Tomando en cuenta ambas contribuciones, el precio del litro de alcohol anhidro se sitúa en U$S 0.31.

7. CONCLUSIONES

De lo anterior se concluye que el proyecto es rentable (aún desde el punto de vista de una empresa privada) ya que reúne las siguientes características:

CUADRO 5

ANALISIS DE SENSIBILIDAD AL PRECIO DEL SORGO AZUCARADO.



- el período de recuperación es corto para el monto de la inversión considerada, siendo de 5 años y 9 meses a partir de la puesta en marcha.

- el punto de nivelación es bajo (35%) lo que asegura que la empresa pueda afrontar fluctuaciones en el nivel de producción, sin riesgos económicos.

- es necesario además destacar las consecuencias favorables que la implantación del proyecto provocaría desde el punto de vista social:

utilización de un 100% de mano de obra y materias primas nacionales.

política de descentralización, con la creación de fuentes de trabajo en zonas rurales.

cultivo de 10.000 Hás. con el aporte de asesoramiento tecnológico.

ocupación para unas 250 personas entre personal de fábrica y rural.

- El costo del litro de alcohol obtenido en estos estudios primarios alienta trabajos posteriores más detallados para llegar a ajustarlo. En tal sentido se está instrumentando en el Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería y el Plan NORIONE, el proyecto ALCAR, que culminará en 1982 con una planta piloto de 1000 lts/día.

B I B L I O G R A F I A

(1) Obtención de Etanol por fermentación de sorgo azucarado. Facultad de Ingeniería, Instituto de Ingeniería Química, Cátedra de Trabajo Experimental. 1979.

(2) Ing. G. Gamundi. Plan Norione. Comunicación Personal.

(3) Use of Sorghum to produce fermented energy sources. Texas University.

(4) Algunas consideraçoes sobre as posibilidades de matérias-primas para produção de álcool etílico. Gil Eduardo Serra. Brasil Açucareiro. Marzo 1976.

(5) Energy balance for ethyl production from crops. Science Vol.: 201 Set. 1978.

(6) Uso da vinhaça em cana de azúcar na Usina da Pedra-Serrana. J.A. Magno, Brasil Açucareiro. Oct. 1980.

(7) Fertilização com vinhaça da Usina Santa Adelaide. J.T. Coleti. Brasil Açucareiro. Nov. 1978.

(8) Estudio de la factibilidad de la producción de etanol por fermentación. Facultad de Ingeniería, Instituto de Ingeniería Química, Cátedra de Proyecto de Fábrica, 1979.

(9) Plant design and economics for Chemical Engineers. Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus. 2nd. Ed.

(10) Chem. Eng. Costs. Dryden y Furlow. Ohio University, 1967.

PRODUCCION DE METANOL A PARTIR DE BIOMASA FORESTAL

Ing. Héctor Zerbino,
Administración Nacional
Combustibles, Alcohol y
Portland

Aún dentro de las predicciones más optimistas, es prácticamente unánime la convicción que ya ha comenzado, o a lo sumo está próxima a iniciarse, la era de la declinación del petróleo como principal fuente energética a nivel mundial.

El normal abastecimiento de crudo para satisfacer las crecientes necesidades de los países que tienen que importarlo, en forma total o parcial, aún cuando apliquen severos planes de conservación de energía, inevitablemente se irá haciendo cada vez más difícil y más costoso, sin tener en cuenta inclusive, las reales posibilidades de que se originen por esta causa, graves conflictos internacionales.

En las actuales circunstancias por las que atraviesa el mundo, no sirve lamentarse por el absurdo e irresponsable derroche que se ha hecho y todavía se hace, de una fuente extinguible de energía sobre la cual se basa fundamentalmente el progreso técnico y económico de la humanidad y para cuya creación, la naturaleza ha tenido que insumir millones de siglos.

Tampoco sirve lamentarse ahora de que no se haya previsto la búsqueda de uno o varios sustitutos del petróleo agotable, que resultaran tan eficientes y tan económicos como fuentes energéticas alternativas.

Aparentemente, la futura sustitución del petróleo por lo menos en el período de transición, no constituirá un desplazamiento económico, como lo han sido sucesivamente el de la leña por carbón y el del carbón por petróleo, sino que será un reemplazo más costoso, más diverso e inclusive en muchos casos, menos eficiente del punto de vista técnico.

Para el Uruguay el problema adquiere una particular gravedad, dado que debe adquirir en el extranjero la totalidad del petróleo que consume, que a su vez representa el 70% de su total energético, con un consumo anual per cápita de unos 5 barriles lo que es elevado para países en vías de desarrollo.

Por otra parte, la cuenta externa por concepto de petróleo y derivados ha sido tradicionalmente importante, pero a partir de 1974 adquiere una magnitud inquietante, como se muestra en el Cuadro 1.

La situación inestable del mercado de petróleo y los problemas políticos vinculados al mismo, obligan al estudio de un modelo energético uruguayo que ofrezca al país una mayor seguidad en cuanto a la disponibilidad de combustibles y permita alcanzar una balanza comercial más equilibrada, aún cuando se lograse una adecuada balanza de pagos.

Analizadas las posibles fuentes alternativas de energía que podría disponer nuestro país, comprendiendo tanto las fósiles como las renovables, surge como una de las más promisorias en un plazo relativamente breve, la energía solar a través del aprovechamiento de la biomasa, definida comunmente como bioenergía, o más específicamente agro-energía.

Abarca ésta una gran variedad de posibilidades de generación energética, que van desde la combustión directa de la biomasa (leña, bagazo, residuos) hasta su conversión en combustibles gaseosos (gas pobre, metano), líquidos (metanol, etanol, aceites carburantes) ó sólidos (carbón de leña).

El Uruguay presenta buenas condiciones para el aprovechamiento de biomasa para usos energéticos debido a su clima, suelos, topografía, régimen de lluvias y a la elevada relación entre la superficie cultivable y su población.

Se estima que de aumentarse moderadamente la productividad de las áreas destinadas a la explotación agrícola y ganadera, restarían suficientes tierras disponibles para la agroenergía, sin que hubiese competencia insalvable entre ambos recursos, como ocurre en otros países de mayor densidad demográfica.

Sin perjuicio de que deben estudiarse a fondo todas las vías factibles de aprovechamiento de biomasa en nuestro país, se considera que una de las más interesantes resulta ser la de origen foresta, aún cuando también signifique una solución parcial y requiera más largo plazo para su implantación.

De sus múltiples posibilidades no se encarará su uso directo como combustible que, aunque todavía no muy generalizado, ya es una realidad; ni tampoco la generación de gas de carbón de leña o directamente de madera, para su empleo en grandes motores de combustión interna, principalmente estacionarios, para generar energía eléctrica o para aplicaciones industriales.

Asimismo, no se examinará la obtención de alcohol etílico a partir de madera, si bien es probable que en un futuro cercano sea resuelta técnica y económicamente la hidrólisis enzimática de la celulosa en azúcares fermentables, lo que constituirá seguramente un avance tecnológico de singular importancia.

Solamente, se considerará la producción de metanol a partir de biomasa forestal y básicamente de eucalipto, como una viable e interesante alternativa energética, sustitutiva en cantidad significativa de los derivados del petróleo, en especial de la gasolina.

PRODUCCION Y USOS DEL METANOL

El metanol, alcohol metílico, carbinol o alcohol de madera es un líquido incoloro, volátil, que hierve a 65°C y tiene un poder calorífico inferior o neto de 4.700 kcal/kg.

Durante muchos años se obtuvo por destilación seca de la madera pero desde la década del 30 se fabricó por síntesis a partir de monóxido de carbono e hidrógeno, componentes principales del gas de síntesis obtenido por gasificación de hulla o lignito y en la actualidad, por oxidación directa de hidrocarburos, fundamentalmente gas natural mediante reforma con vapor de agua.

Su principal empleo es como materia prima básica de la industria química para la fabricación de los productos intermedios o finales indicados en el Cuadro 2.

METANOL CARBURANTE

Desafortunadamente, el metanol como combustible sustitutivo de los derivados del petróleo no presenta las excelentes cualidades que tiene como materia prima básica de la industria química orgánica, donde constituye junto con el etileno, uno de los principales y más versátiles elementos fundamentales de síntesis.

Como combustible de calefacción en reemplazo del fuel oil, posee menos de la mitad de su poder calorífico y por su mayor volatilidad y menor temperatura de inflamación, se aumentarían las pérdidas por evaporación y los riesgos de incendio.

Por otra parte, el empleo de metanol como combustible directo significaría un uso degradado del producto, desaprovechándose sus otras características termodinámicas.

La sustitución del gas oil en los motores de ciclo Diesel es muy problemática, debido a que el metanol presenta malas cualidades de autoinflamación, dado que su N° de cetano es 3 mientras que el de gas oil es 45-55.

Finalmente, como sustitutivo parcial o total de la nafta automotiva, presenta la ventaja de poseer buenas características antidetonantes (RON 110) lo que podría permitir la eliminación del plomo tetraetilo en las gasolinas reduciéndose además la emisión de óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono, aunque aumentarían las de aldehidos. Las respectivas propiedades del metanol y de la gasolina se muestran en el Cuadro 3.

Es conocido el aumento de la potencia que se obtiene en los motores de combustión interna mediante el empleo de metanol, aunque a costa de un mayor consumo por kilómetro recorrido.

Como desventajas se señala la baja volatibilidad relativa del metanol (65°C) que dificultaría el arranque del motor en frío o baja temperatura ambiente (10°C) y el incremento de la tensión de vapor y la depresión de la curva de destilación de la mezcla, que ocasionaría la formación de bloqueos o sellos de vapor.

Asimismo, la estabilidad de las mezclas de gasolina-metanol es muy sensible a la presencia de pequeñas cantidades de agua y también presentan problemas de corrosión en los metales y plásticos usualmente empleados en los sistemas de combustibles de los automóviles convencionales.

Finalmente, cabe señalar que el metanol es un producto tóxico ya sea inhalado o ingerido, lo que aumenta los riesgos de su manipulación.

Si bien técnicamente es factible el empleo de mezclas con gasolina de hasta un 15-20% de metanol parece que, al igual que en el caso del etanol, su más eficiente aprovechamiento se conseguiría como único combustible a usar en motores de ciclo Otto, especialmente diseñados y construídos con tal fin, con tasas de compresión de 14:1.

Otras de las mayores aplicaciones potenciales del metanol sería su empleo en turbinas a gas estacionarias, que no requieren especificaciones termodinámicas tan severas para los combustibles usados.

TECNOLOGIA

La síntesis del metanol se ha ido perfeccionando sensiblemente en virtud del mayor conocimiento termodinámico de las reacciones químicas producidas, el desarrollo de mejores catalizadores y el avance de diseño y tecnología de las plantas industriales, habiéndose logrado mayores rendimientos de conversión y menores presiones de reacción (50-100 bar y 250°-300°C).

Los catalizadores actualmente empleados son preparados sobre la base de óxidos de zinc, cromo y cobre y se ha logrado aumentar la conversión del gas de síntesis en metanol, en cada pasaje por el reactor, hasta 5-6% en volumen.

La obtención del gas de síntesis puede hacerse a partir de la gasificación directa de la madera, o del carbón de leña como etapa intermedia. El primer camino es energéticamente más conveniente pero el segundo es

técnicamente más sencillo y está más experimentado.

Brasil está actualmente desarrollando la tecnología necesaria para lograr la eficiente gasificación directa de leña, en plantas piloto de la Compañía Energética de San Pablo (CESP) en la localidad de Río Claro (SP).

Los procesos de gasificación de carbón más desarrollados son los sistemas de lecho fijo (Lurgi, Lacotte), lecho fluído (Winkler, Kellog) y gasificación por arrastre (Koppers-Totzek).

Las reacciones químicas principales intervinientes en la gasificación de la leña y la síntesis catalítica del metanol son las que se indican en el Cuadro 4.

PROCESOS

Los procesos que se están investigando para la producción de metanol a partir de leña, se muestran en los diagramas de bloques I y II.

El primero requiere el aporte externo de hidrógeno generado por electrólisis, lo que implica la disponibilidad de abundante energía eléctrica a bajo precio, pero ofrece la ventaja de aumentar el rendimiento de la materia prima requerida.

El segundo no consume hidrógeno electrolítico, pero presenta la desventaja de desaprovechar casi la mitad de la cantidad total de madera bajo forma de anhídrido carbónico liberado a la atmósfera, en la reacción reversible del monóxido de carbono (shift conversion), con objeto de obtener el hidrógeno necesario para lograr la relación H_2/CO de 2/1 en el gas de síntesis.

MATERIA PRIMA

En la técnica tradicional de explotación forestal de eucalipto considerando un ciclo total de 20-22 años por árbol antes de volver a replantar y tres cortes productivos por ciclo, se puede aceptar que la producción promedio por hectárea y por año alcance entre unos 15 a 20 m^3 de madera sólida verde, sin tener en cuenta los desperdicios.

En el estado de San Pablo en Brasil se obtienen rendimientos de 25 a 30 m^3/há. año, pero las condiciones climáticas se estiman ser mucho más favorables.

Los 20 m^3/há. año de madera verde con 50-60% de humedad, equivalen aproximadamente a unas 12 ton/há. año de madera oreada con 25% de humedad y a 9 ton/há. año de madera anhidra.

Si bien han sido propuestas técnicas de explotación forestal intensivas, diseñadas especialmente para una mayor producción de biomasa y no de madera para uso industrial, aumentando la densidad de plantación a más de 1.670 árboles por hectárea y el número de cortes por ciclo vital, lo que incrementaría la cantidad de biomasa obtenida por hectárea y por año pero

con arbustos de menor desarrollo, no hay aún experiencia a escala comercial sobre los resultados finales alcanzados al cabo del ciclo vegetativo económico.

RENDIMIENTOS FABRILES

Los rendimientos experimentales obtenidos, (empleando el proceso de conversión reversible de CO y hornos de gasificación Winkler de alta temperatura) oscilan alrededor de un 50% en peso, (63% en volumen), o sea que una tonelada seca de madera produce aproximadamente 500 kilos o 630 litros de metanol.

Como se ilustra en el Cuadro 5, la producción de metanol por hectárea y por año sería aproximadamente,

9 x 500 = 4.500 kilos, o
9 x 630 = 5.670 litros

TAMAÑO DE LA PLANTA

Las actuales plantas de síntesis de metanol utilizando gas natural como materia prima son de 2.000 a 3.000 toneladas diarias de capacidad, pero en el caso de emplear leña se considera que el tamaño económico adecuado sea del orden de las 1.000 toneladas por día.

En consecuencia, para abastecer de materia prima una planta de tal capacidad que produciría 330.000 ton. de metanol por año, sería necesario procesar alrededor de 880.000 ton. de madera oreada con 25% de humedad, que ocuparían unas 73.300 hectáreas netas de montes de eucalipto, o cerca de 90.000 hás. afectadas a la silvicultura.

INVERSION DE CAPITAL

La inversión necesaria para una planta de esta capacidad se estima que oscile entre 150 a 200 millones de dólares a valores de 1979, a los que habría que agregar un monto importante por concepto de unidades auxiliares, equipos de forestación, transporte, etc.

Las fábricas que utilizan el proceso de electrólisis para generar el hidrógeno necesario, son más baratas en cuanto a unidades de procesamiento pero más costosas en las unidades de servicios auxiliares, que las plantas que emplean la conversión de CO para obtener hidrógeno.

BALANCES ENERGETICO Y ECONOMICO

Existen dos principales factores que deben ser tenidos en cuenta para determinar si una vía proyectada para producir energía de biomasa, en realidad de cualquier fuente, merece o no ser considerada.

El primero concierne con el balance neto de energía que usualmente se conoce por REN, o sea la relación entre la energía total producida y la energía total consumida, exceptuando únicamente la radiación solar que es la fuente principal pero gratuíta e inagotable.

Hasta ahora, no se ha establecido y aceptado internacionalmente una metodología específica para la determinación del REN, por lo que las cifras dadas por distintos autores sobre un mismo método de conversión de una misma materia prima, difieren a veces apreciablemente, según sea el criterio adoptado para su cálculo.

En el caso del aprovechamiento de biomasa los consumos energéticos corresponden a dos sectores: el agrícola y el industrial.

El primero siempre tiene balance positivo o sea un REN mayor que 1 siendo mayor la energía producida bajo forma de biomasa que la consumida en semillas, fertilizantes, herbicidas, combustibles, equipos, etc., sin tener en cuenta la energía solar interviniente.

Por el contrario, el balance de conversión del sector industrial resulta siempre negativo (REN menor de 1) dado que insume más energía que la que produce, aún agregando a la del producto principal, las correspondientes a sub-productos y residuos, aunque no sean realmente aprovechables como combustibles.

Tratándose de agroenergía forestal, el balance del sector agrícola es altamente positivo, dado que los insumos energéticos o "energía plantada" son relativamente bajos y los egresos energéticos son altos, en base a la elevada producción de biomasa por hectárea y por año, aunque se requiere un período de crecimiento vegetativo de varios años.

En cambio, el balance de conversión de su biomasa en un combustible líquido de alto grado es francamente negativo, debido a que su principal componente la ligno-celulosa es muy resistente a su transformación química.

Los estudios realizados sobre la producción de metanol a partir de madera, indican que la eficiencia energética del proceso industrial de gasificación por conversión de CO y síntesis catalítica, es del 50% (REN:0,5) considerando solamente las energías correspondientes al metanol producido y a la madera consumida.

Si se agrega todavía la energía externa requerida para el proceso industrial, la eficiencia baja hasta un REN entre 0,3-0,4.

No obstante, el balance energético global agro-industrial presenta un REN entre 1,2 y 1,4 lo cual teniendo presente la elevación de clase o grado de calidad del combustible obtenido, lograda por conversión de la madera en metanol, se considera muy satisfactorio.

El segundo factor a analizar es el aspecto económico de la transformación energética, concretado en el costo de producción resultante del combustible final obtenido, comparado con los de los combustibles que se intenta sustituir, con los de otros combustibles competitivos, ó con los costos de producción del mismo combustible, pero partiendo de distintas materias primas o empleando diferentes procesos.

También ocurre que los estudios económicos provenientes de diversas fuentes muestran gran variación en los costos estimados, siendo el precio de la materia prima el elemento de costo de mayor incidencia, que en general oscila entre el 60 y 75%, según los casos.

Así para el metanol producido a partir de biomasa forestal o de residuos vegetales, se han determinado costos de producción que van desde 11 a 35 centavos de dólar por litro.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que los precios de venta de los combustibles sustitutivos, en los países que ya los producen (Brasil, EEUU, Argentina), gozan de beneficios económicos especiales de muy variadas formas, que responden a decisiones políticas gubernamentales con objeto de incentivar su producción y consumo, lo cual hace más confuso los estudios económicos comparativos.

Teniendo en cuenta las distintas evaluaciones de costos unitarios totales, incluyendo costos de capital, se estima que a valores de 1979 el costo de producción de metanol a partir de madera oscile entre 20 y 25 centavos de dólar por litro.

En base a las relaciones de los poderes caloríficos inferiores del metanol y de la gasolina, tomada como el derivado del petróleo más factible de ser sustituído, de sus densidades y de sus eficiencias en los motores de ciclo Otto, es posible establecer fórmulas de equivalencia económica entre el metanol y el petróleo crudo.

A efectos comparativos, se adoptará la ecuación simplificada desarrollada en el Cuadro 6.

Los precios equivalentes del crudo en condición CIF Uruguay serían pues, los siguientes:

Metanol	Petróleo
0.20 U$S/lt.	50 U$S/barril
0.25 U$S/lt.	62 U$S/barril

Comparados con el actual precio CIF promedio del crudo que adquiere el país de U$S 36 el barril y admitiendo una tendencia de suba constante en el precio de éste, se desprende que resulta justificado que se encare un estudio a fondo de la producción de metanol a partir de madera, como una alternativa más para sustituir parcialmente el consumo de derivados del petróleo que debe necesariamente importar Uruguay.

CONCLUSIONES

Las principales ventajas de la instalación de una planta productora de metanol de madera son pues, las siguientes:

1. La forestación de unas 90.000 hás. sería muy beneficiosa para el país, utilizando tierras de menor valor agrícola.

2. Permitiría el desarrollo de otras actividades industriales que utilizarían los residuos forestales.

3. Del punto de vista social sería una importante fuente de trabajo en el interior del país y no siendo una actividad zafral aseguraría el afincamiento rural.

4. Significaría un ahorro de divisas equivalente al costo de 1:130.000 barriles de petróleo, o sea casi un 10% del volumen que se importa anualmente.

5. La posibilidad de disponer de una alternativa energética importante con materia prima nacional y además renovable, aseguraría una mayor independencia económica y política.

Como contrapartida, tal producción exigiría:

1. Un importante esfuerzo de forestación planificada y sistemática, en lo posible en un área concentrada del país, para abaratar los costos del transporte de materia prima, materiales y productos.

2. Una inversión de capital bastante considerable tanto en el sector agrícola como en el industrial, con gran proporción de moneda extranjera.

3. Una cuidadosa elección del proceso y tecnología industriales a seguir y de la ubicación de la planta, considerando las vías de comunicación existentes y los suministros de agua y energía eléctrica.

4. La adopción de decisiones políticas definidas y firmes para el sector energético, que aprueben y apoyen decididamente el estudio, desarrollo e implantación de esta fuente de agroenergía.

Por todo lo expuesto, se considera que la producción de metanol a partir de madera, con objeto de lograr un combustible líquido de alto valor y sustitutivo de los derivados del petróleo, es una alternativa de real interés para el país y en consecuencia, merece ser tenida en cuenta entre las soluciones de futuro posibles, que necesariamente deberán encontrarse para resolver el problema de la inevitable y creciente escasez de oferta en el mercado mundial del petróleo.

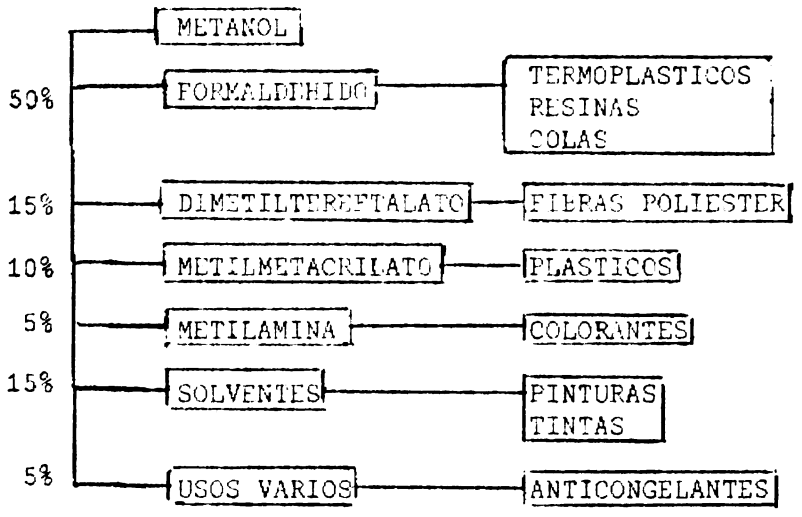
Cuadro 1

Importaciones anuales de crudo y destilados

Año	Importación CIF de crudo y destilados U$S	Porcentaje de importaciones CIF de crudo y destilados sobre Import. CIF	Export. FOB
1970	29:600.000	12,8	12,7
1971	34:100.000	14,9	16,6
1972	38:800.000	18,3	18,1
1973	51:800.000	18,2	16,1
1974	152:700.000	31,4	40,0
1975	172:400.000	31,0	44,9
1976	176:700.000	30,1	32,3
1977	204:100.000	27,9	33,6
1978	210:400.000	27,2	30,7
1979	294:438.000	24,4	37,4

Cuadro 2

Usos actuales del Metanol



PRODUCCION MUNDIAL: 10.000.000 ton/año.

Cuadro 3

Propiedades del Metanol y de la gasolina

Propiedades	Metanol	Gasolina (mezcla tipo)
Densidad a 20°C	0.791	0.72-0.78
Temperatura ebullición °C	65	27 - 225
Temperatura inflamación °C	11	-43
Poder calorífico inferior kcal/kg.	4.700	10.500
Calor latente vaporización 20°C kcal/kg.	281	83
Relación estequiométrica en peso, aire/combustible	6,45	14,7
Energía de la mezcla estequiométrica a 20°C cal/lt.	770	850
Indice de octano (RON)	110	88
Indice de octano (MON)	92	87

Cuadro 4

Reacciones	ΔH Kcal/mol
$2C + O_2 \longrightarrow 2\ CO$	-58,86
$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$	+28,33
$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$	-10,12
$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$	-21,66
$CO + 3H_2 \longrightarrow CH_4 + H_2O$	-49,27

Cuadro 5 .

RENDIMIENTO FORESTAL EN MADERA

20 m^3/ha. año = 9 ton/ha. año

RENDIMIENTO FABRIL EN METANOL

1 ton. madera anhidra = 500 kg. MeOH
630 lt. MeOH

RENDIMIENTO AGRO-INDUSTRIAL

9 x 500 = 4.500 kg/ha. año

9 x 630 = 5.670 lt/ha. año

Cuadro 6

Equivalencia económica de sustitución

$$\frac{(Cp + Cr)/lt}{DgxPcgxEg} = \frac{Cm/lt}{DmxPcmxEm}$$

$$Cp/lt = \frac{Cm/lt}{1,22} \times \frac{Dg}{Dm} \times \frac{Pcg}{Pcm} \times \frac{Eg}{Em}$$

$$Cp/b = Cm/lt \times \frac{159}{1.22} \times \frac{0,750}{0,791} \times \frac{10.500}{4.700} \times 0,90$$

$$Cp/b = Cm/lt \times 130,3 \times 0,95 \times 2,23 \times 0,90$$

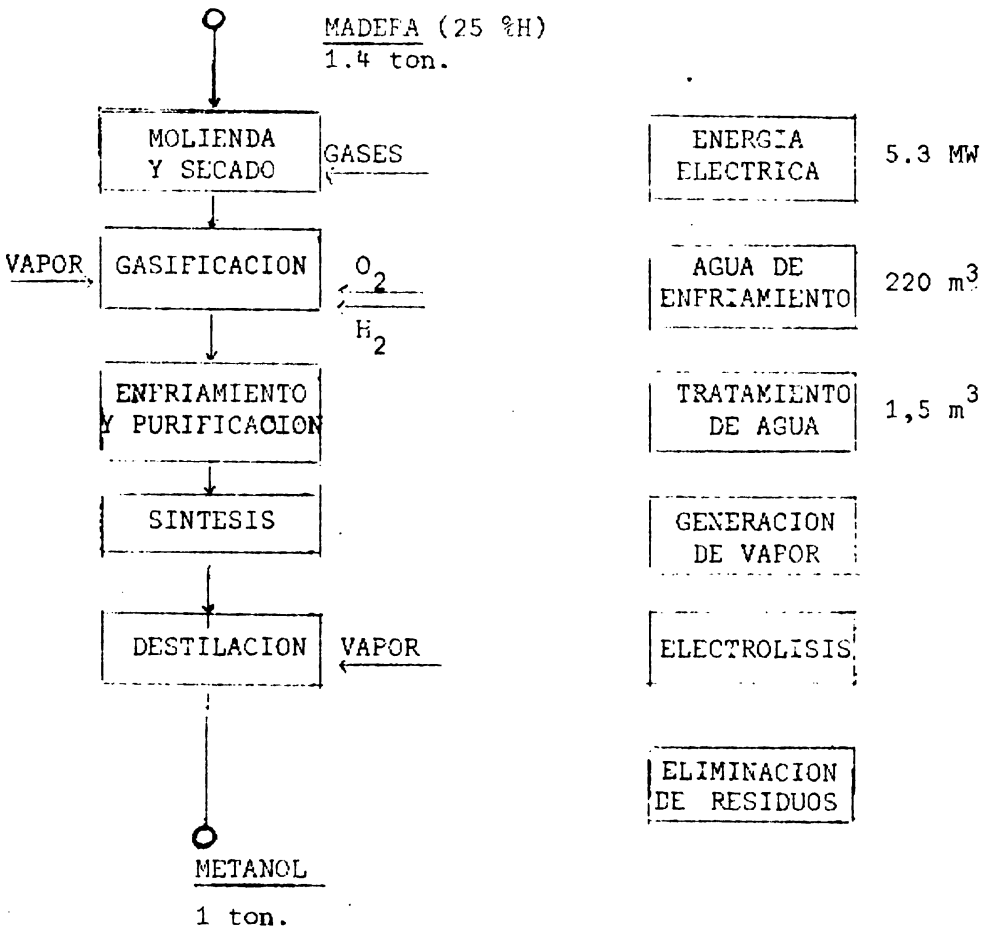
$$Cp/b = Cm/lt \times 248$$

$$Cp/b = U\$S\ 0,20 \times 248 = U\$S\ 50$$

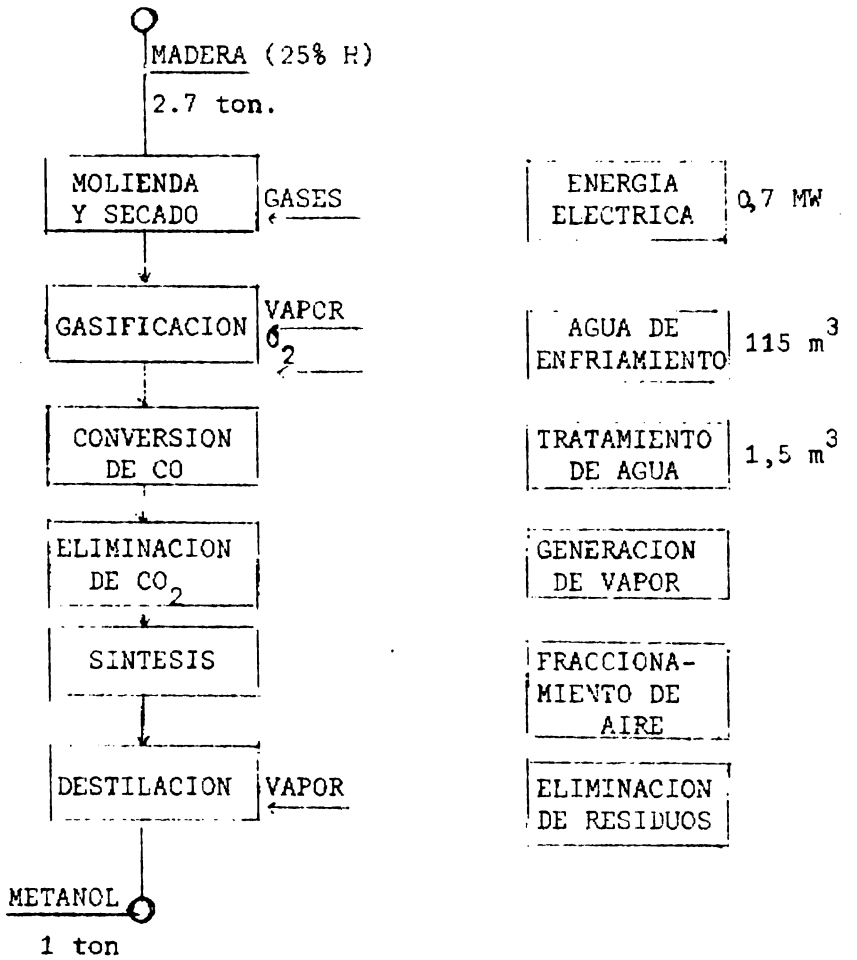
$$Cp/b = U\$S\ 0,25 \times 248 = U\$S\ 62$$

$$Cm/lt = \frac{U\$S\ 36}{248} = U\$S\ 0.145$$

I. SINTESIS CON ELECTROLISIS



II. SINTESIS CON CONVERSION DE CO



LA EXPERIENCIA Y LAS PERSPECTIVAS DEL BIOGAS EN URUGUAY

Ing.Qco. Héctor E. Ibarlucea
Director del Instituto de
Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

1.0 SUMARIO

En mi modesta charla basada sobre el panorama energético, manifesté que lo importante era no esperar más. Dentro de ese criterio, se han iniciado una serie de acciones entre las cuales se inscribe la del biogas que pensamos relatar aquí. Con los modestos y limitados medios disponibles y con la colaboración y el apoyo del Comando General del Ejército, sin lo cual hubiera sido prácticamente imposible realizar estas experiencias y alcanzar estos modestos resultados que expondremos, podemos asegurar de que el biogas es una fuente no despreciable de energía para nuestro país.

Nuestra acción ha comprendido un análisis de la vasta y dispar bibliografía existente sobre el tema, planificación y realización de ensayos a nivel de laboratorio, concepción, dimensionamiento e implantación de una planta piloto en el Regimiento de Caballería Nº 1 "Blandengues de Artigas" que, operando con residuos de ganado caballar, nos permitiera obtener los parámetros técnicos como para diseñar una planta que procesara todos los residuos de ese origen allí generados. La planta piloto podría ser empleada para estudio de comportamiento de otros residuos animales y vegetales con la misma finalidad.

Las experiencias aún no han concluído, los resultados son alentadores y motivan para continuar adelante en esta línea de actividades.

Cabe destacar especialmente la colaboración del Comando General del Ejército que promovió la iniciativa; del Ministerio de Educación y Cultura que colaboró otorgando becas para disponer de parte del personal necesario para estas acciones; del Centro de Investigaciones Tecnológicas de ANCAP en Pando por sus análisis de Carbono de algunas materias primas; la Compañía del Gas-M.I.E., por su colaboración en el análisis del gas obtenido; el personal militar de apoyo del Regimiento de Caballería Nº 1 "Blandengues de Artigas" en la construcción civil e implantación de la planta piloto; al personal profesional y técnico del Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería - Universidad de la República.

2.0 INTRODUCCION

2.1 Los países en vías de desarrollo, bajo la meta impuesta por el modelo de desarrollo de los países industrializados, son grandes consumidores de energía y generan una gran cantidad de residuos de naturaleza variada y de distintos orígenes, industriales, agrícolas y humanos. Estos residuos atentan en general contra el equilibrio del ecosistema y en consecuencia, es necesario procurar su adecuada disposición o tratamiento.

En la Lámina 1, se presenta un esquema de posibilidades de tratamiento de residuos que abarca desde la simple disposición de los mismos en el suelo, hasta sofisticados procesos que procuran un aprovechamiento integral de sus posibilidades orientadas a los dos rubros más significativos en esta época: la energía y los alimentos.

El Biogas, representado esquemáticamente por el proceso 4 constituye una respuesta parcial desde el punto de vista energético, pero global, desde el punto de vista sanitario. Soluciona el problema ecológico de disposición de residuos y el ciclo del Anhídrido Carbónico a través de la fotosíntesis. El proceso prácticamente destruye los parásitos y bacterias patógenas de los residuos humanos y animales y, al hacerlos prácticamente imputrescibles, evita los problemas sanitarios derivados de su descomposición y el desarrollo de insectos (moscas y mosquitos). Produce un acondicionador de suelo más rico en Nitrógeno del producto del cuál se partió y que además, por su comportamiento, no resulta agresivo. Todas estas condiciones premencionadas se dan al mismo tiempo que se genera un combustible gaseoso con un poder calorífico del orden del gas de ciudad.

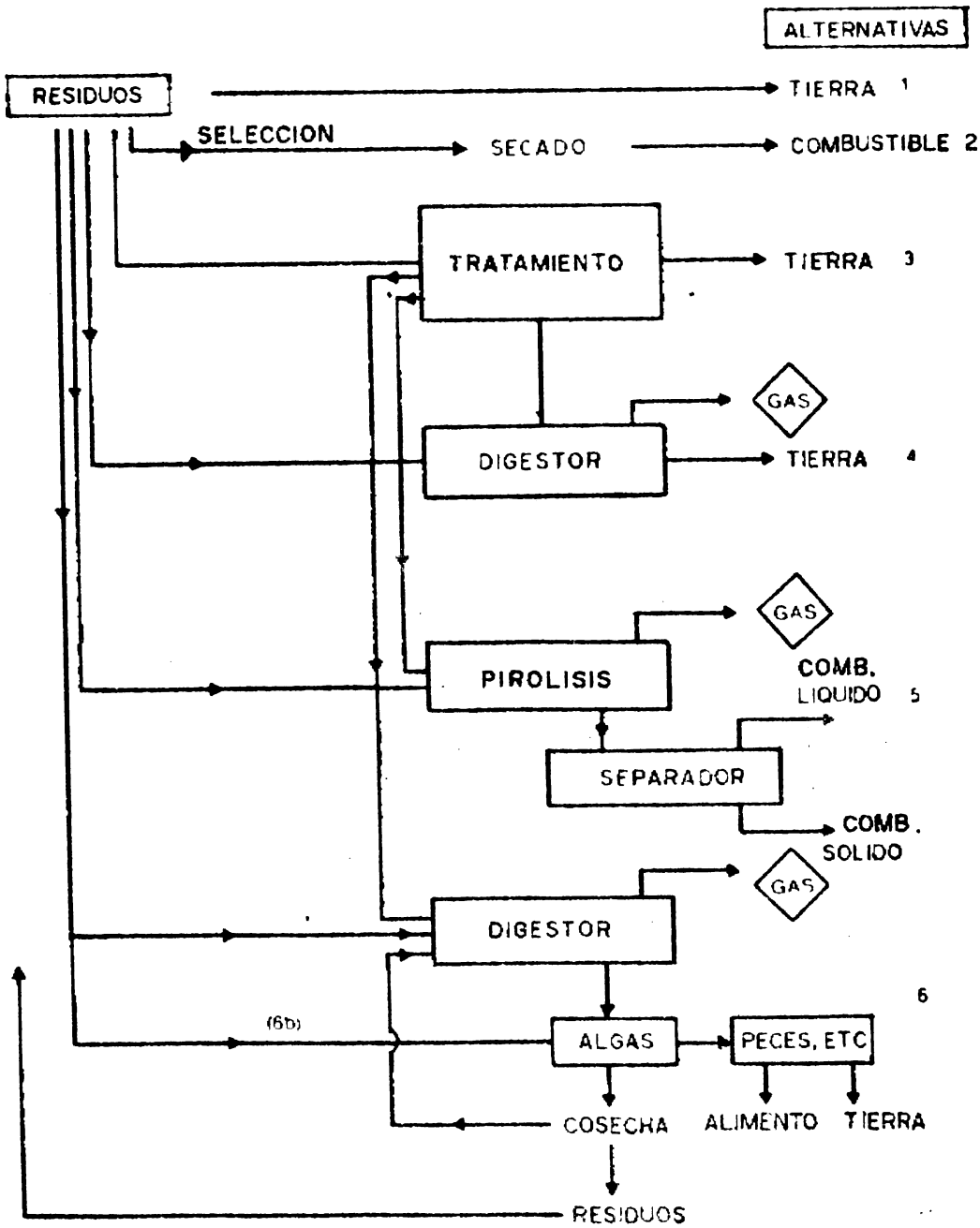
La Lámina 2 muestra esquemáticamente lo que acabamos de expresar. Es sabido que la quema de combustibles fósiles vierte a la atmósfera cantidades muy importantes de Anhídrido Carbónico que, no puede ser sustraído por la fotosíntesis, especialmente en los países industrializados donde los procesos de combustión superan a los fotosintéticos que consumen ese Anhídrido Carbónico. El aumento de concentración de ese gas en la atmósfera, en razón de su acción sobre las radiaciones solares, determina un efecto de invernadero que tiende a aumentar la temperatura de la tierra y de las masas oceánicas. En éstas, en el Hemisferio Norte que es el más industrializado, se ha observado un aumento del plankton marino que a su vez, genera más Anhídrido Carbónico y tiende a incrementar su acción. Esta situación ha afectado seriamente la vida marina e inclusive se pronostica en un futuro, situaciones climáticas catastróficas. El ciclo del Biogas soluciona ese problema puesto que el CO_2 que se genera es sustraído de la atmósfera por la fotosíntesis para generar los alimentos y productos que dan origen a esos residuos.

2.2 El proceso

Se conoce desde el siglo pasado. En 1955 existían 7.500 pequeñas plantas en Taiwán, 10.000 en la República de China (7:000.000 en 1979) y 24.000 en Corea. Estas plantas, en razón de la simplicidad de la tecnología involucrada, abarcan un espectro desde la producción a nivel familiar hasta instalaciones de gran producción y relativa complejidad. De 1963 a 1971, en la

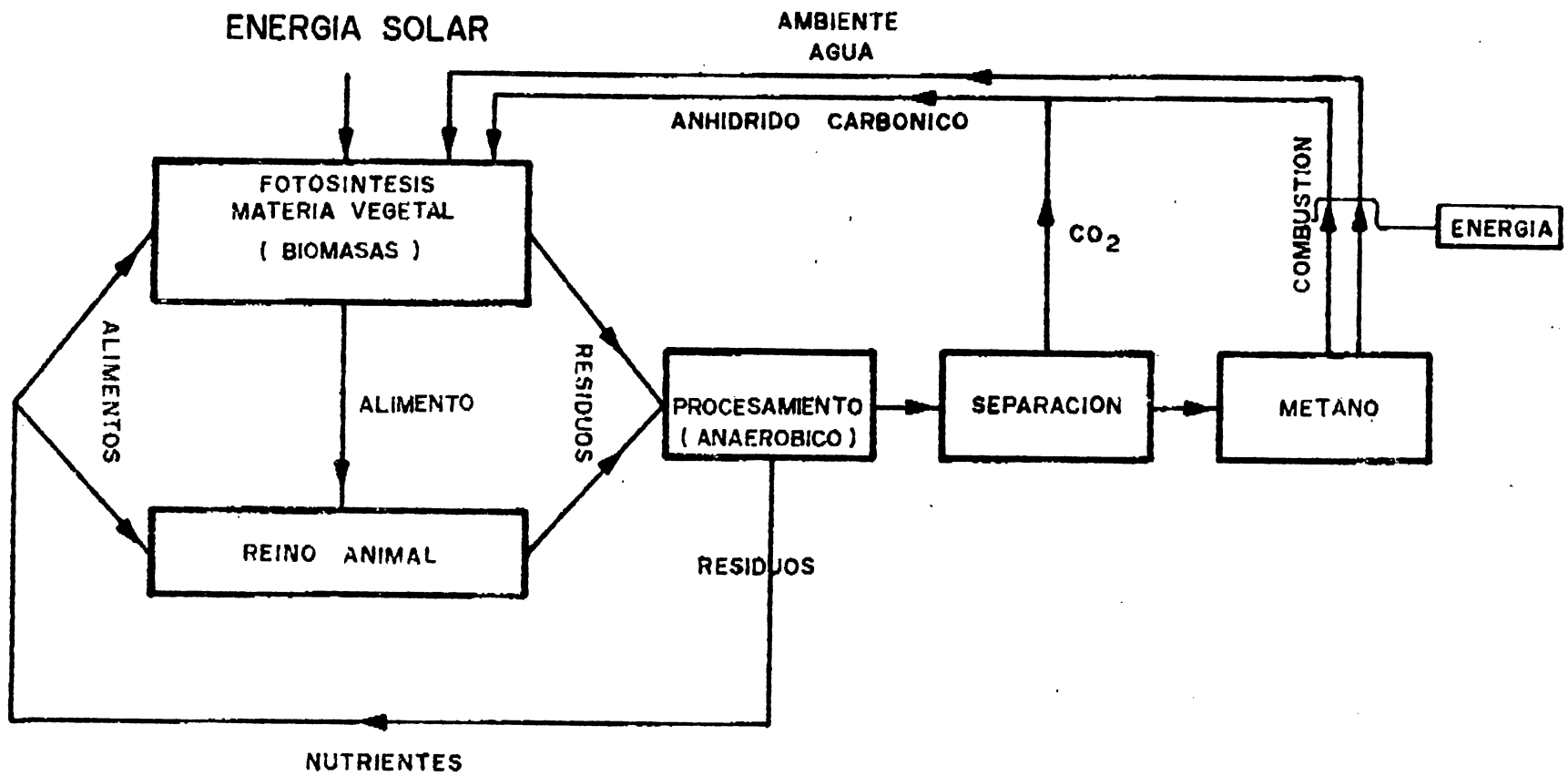
— lámina 1 —

TRATAMIENTO DE RESIDUOS



— lamina 2 —

CICLO DEL BIOGAS



Provincia de Hopei, República Popular China, las afecciones entéricas en los seres humanos por gérmenes patógenos, disminuyeron en un 80% debido al procesamiento de los residuos humanos y animales para la producción de Biogas, transformándolo en un producto totalmente inocuo.

1) El proceso comprende tres etapas microbiológicas anaeróbicas (ausencia de oxígeno).

* Hidrólisis de grasas, proteínas y celulosa por un proceso enzimático que tiende a descomponer las moléculas complejas en compuestos de menor peso molecular.

* Acidificación que también por una acción bacteriana acidogénica transforma los compuestos de bajo peso molecular en ácidos volátiles (fundamentalmente acético, butílico y propiónico).

* Fermentación metanogénica que genera el Biogas, normalmente compuesto de 60% de Metano y 40% de Anhídrido Carbónico.

Es de destacar que la celulosa es difícilmente degradada, demandando más tiempo que las grasas y proteínas, que la lignina no es biodegradable y conjuntamente con las cenizas (minerales) limita el proceso. Las bacterias causantes de este proceso microbiológico se encuentran básicamente en los residuos, aunque el reciclo líquido resultante de la fermentación puede ser un aporte que acelera el proceso. Las bacterias acidogénicas son más heterogéneas y de crecimiento más rápido que las metanogénicas, son menos sensibles a los cambios ambientales y toleran algo de oxígeno. Las metanogénicas en cambio, no se desarrollan en medio ácido y el oxígeno les es fatal. Para mantener un adecuado balance entre las acidogénicas y metanogénicas es necesario vigilar cuidadosamente las condiciones de operación (temperatura, pH y contenido en sólidos fundamentalmente) debido a la gran sensibilidad que presentan las bacterias generadoras de Metano. Un pH bajo, indica un predominio acidogénico y en consecuencia redundará en un bajo rendimiento en Metano.

El contenido de C y N del residuo sometido al proceso debe mantenerse dentro de una relación aceptable (C/N alrededor de 30) para maximizar el resultado en el gas combustible.

La fermentación metanogénica puede producirse a dos niveles térmicos, a través de dos tipos de bacterias. Las bacterias metanogénicas termofílicas operan por encima de 45°C, con un máximo de rendimiento a los 55°C y deteniéndose a 65°C. Las bacterias termofílicas aseguran una mayor velocidad de producción para el mismo substratum y su rendimiento puede ser superior al 20% respecto a las mesofílicas.

La fermentación a baja temperatura, normalmente entre 36-37°C emplea bacterias mesofílicas.

En la Lámina 3 se establecen las características fundamentales de los dos procesos.

LAMINA 3

COMPARACION ENTRE DIGESTION MESOFILICA Y TERMOFILICA.

MESOFILICA	TERMOFILICA
* MENOS VAPOR DE AGUA EN EL GAS.	* MAYOR VELOCIDAD DE PRO_ DUCCION Y PRODUCCION (ME- NOR VOLUMEN DIGESTOR).
* MENOS CO_2 EN EL GAS.	* DISMINUYE CANTIDAD DE BARROS RESIDUALES.
* MAS CANTIDAD DE ESPECIES DE BACTERIAS SON UTILES.	* MEJOR DESTRUCCION DE ORGANISMOS PATOGENOS.
* MENOR REQUERIMIENTO DE CALOR.	* MAS RAPIDA REGENERACION DE LA POBLACION BACTERIANA.
	* FACIL MANTENIMIENTO DE ANAEROBIOSIS.

El rendimiento es del orden de 500-560 litros de gas por Kg. de"sólidos volátiles", definidos por pérdida de peso a 550°C. El poder calorífico del gas es del orden de 4.500 Kcal/m^3, lo que corresponde al de gas de ciudad actualmente existente en Montevideo.

La aplicación de los procesos anaeróbicos han mostrado dificultades significativas en el mantenimiento de su estabilidad y la complejidad del sistema hace sumamente difícil su estudio a través del empleo de cultivos puros, motivo por el cuál, se ha procedido fundamentalmente a través de líneas empíricas. No obstante estudios de Wolfe (1971) y de Hobson (1973), con el empleo de métodos modernos de análisis instrumental ha permitido ahondar en los conocimientos en que se basan la digestión de residuos para la producción de metano. La cinética de la reacción, está vinculada al desarrollo de la flora y a la velocidad de utilización del substratum. Un estudio detallado sobre el particular se presenta en trabajo de Y. R. Chen y A. G. Hashimoto, "Biotechnology and Bioengineering Symp."N°8, 269 (1978). De cualquier manera no exis- aún una información suficiente como para interpretar realmente la situación y en consecuencia poder llegar, sobre una base totalmente científica a optimizar el diseño del digestor. Por lo expuesto, los especialistas en el tema sugieren la realización de ensayos a escala de laboratorio, plantas piloto, y aún plantas comerciales, para llegar a diseños más ajustados.

En el proceso se aconseja controlar la alimentación determinando materia seca, concentración de sólidos en la alimentación que, aunque varía considerablemente en los datos bibliográficos, normalmente se opera alrededor del 10%; sólidos volátiles a 550°C; BOD; COD; recuento microbiano. En el gas conviene determinar la velocidad de generación, y su concentración en Metano. En el digestor es fundamental controlar el pH, la temperatura, las condiciones de mezcla, el contenido en sólidos, y, cuando es posible, el contenido en ácidos volátiles. En la descarga se controlan prácticamente las mismas variables que en la alimentación. Es indudable que estos controles dependen del tipo de planta con el que se está trabajando, ya que no se puede pretender realizar todas esas determinaciones con una frecuencia razonable en una planta comercial, a menos que su estudio operacional así lo exija.

2) Instalaciones y Tecnología.

La tecnología y el equipo requerido para una fermentación anaeróbica de residuos, puede variar de un mínimo a nivel familiar a cierta complejidad en una planta de nivel de producción elevado. A nivel predial se puede construir el digestor y el gasómetro con tambores metálicos y bolsas de polietileno; la distribución del gas se realiza con cañerías de plástico y accesorios simples; la quema del gas para la generación de energía térmica o lumínica demanda los implementos corrientes. En plantas de capacidad mayor normalmente se requiere un sistema de acondicionamiento de los residuos consistente básicamente en su molienda, una cámara de mezcla con agua desde donde se alimentan normalmente por gravedad al digestor; éste es semi-enterrado para disminuir las pérdidas de calor; el gasómetro se puede construir sobre el digestor o alejado de él, y finalmente, los sistemas de control de flujo y distribución del gas. El digestor puede construirse con una o varias cámaras, en este caso a fin de cumplir

cada etapa del proceso en zonas diferentes de manera de evitar la competencia entre el proceso acidogénico y el metanogénico y las limitaciones que el primero puede ofrecer al segundo. Existe una marcada tendencia al encostramiento del barro en el digestor, esta situación retiene el Anhídrido Carbónico y el Metano en solución afectando la velócidad de reacción. La agitación se hace recomendable aunque, no se aconseja que sea contínua; con tal fin, se puede utilizar la recirculación del gas o del propio barro utilizando la energía del gas generado. El tiempo de residencia según la bibliografía, es muy variable, de algunos días a 40, actuando adecuadamente sobre las condiciones operativas se puede ajustar entre 10 y 30 días y la tendencia es a disminuirlo a los efectos de no aumentar excesivamente el volumen del digestor. La concentración de sólidos, depende de los residuos, según la bibliografía la máxima utilizada ha sido del 15%; al disminuir se tiende a disminuir la residencia y en consecuencia el volumen del digestor. El pH óptimo se encuentra entre 6,8 y 7,2; si desciende se paraliza la acción metanogénica, si aumenta el Nitrógeno tiende a formar amoníaco que ejerce un efecto tóxico en las bacterias metanogénicas; el Nitrógeno de la materia prima se distribuye en el desarrollo de la flora y en la formación de sales de amonio. La temperatura conviene mantenerla en los límites ya indicados, con un óptimo a 36°C; para su mantenimiento en plantas de cierto porte, se utiliza la energía del 25 al 48% del gas generado, directamente por quema o mejor aún si es el caso, aprovechando el calor de los motores de combustión que emplean el gas para generar energía. El residuo resultante de la digestión, se evacúa del digestor, se decanta recirculando normalmente el líquido sobre nadante rico en flora microbiana y el residuo sólido, luego de secado al sol se utiliza como compost. La producción de gas en relación a volumen del digestor varía entre amplios límites que dependen del digestor y de las condiciones operatorias, en general se tiende a obtener un m^3/m^3 digestor, aunque no parece fácil en la práctica alcanzarlo.

3) El gas

Como se expresara el gas generado está constituído en aproximadamente un 60% de Metano y un 40% de Anhídrido Carbónico, con pequeñas concentraciones de otros gases como Nitrógeno, Sulfídrico, etc.; con un poder calorífico del orden de los 6.500 $Kcal/m^3$ NTP.

El empleo de este gas es muy variado y en algunos casos, a los efectos de aumentar su poder calorífico se le realiza un lavado con solución alcalina que retiene el Anhídrido Carbónico con lo que al quedar solamente Metano su PC aumenta a alrededor de 11.000 $Kcal/m^3$.

Las necesidades de uso pueden esquematizarse en los siguientes valores.

* Para cocinar 0,40 m^3/persona día.

* Para iluminación 0,08 m^3/mantilla día.

* Para motores con ciclo OTTO 0,6 m^3/KW-hr, o sea que la equivalencia del Biogas a la nafta es de 1,5 m^3/lt.

Si se emplea en motores Diesel el rendimiento se incrementa con respecto Gas Oil a 1,20 m^3/lt.

* Para refrigeradores 1,07 m^3/hr.m^3 de refrigerador.

* Incubadoras 0,50 m^3/hr.m^3 de incubadora.

El consumo mínimo por persona y por día de Biogas es de 450 litros(60% Metano) para cocinar e iluminar.

Costos

Estudios bibliográficos en relación con las inversiones y costos de operación de una planta tipo GOBAR (India) que produce 7 m^3 de Biogas que no vende compost y que dispone del sistema de energía convencional, arroja un costo rmico relativo de 0,5 el precio del Gas Oil y del Queroseno y 0,20 el precio la energía térmica obtenida a partir de energía eléctrica.

3 Posibilidades para nuestro país

De acuerdo con la información bibliográfica los residuos que pueden ser metidos al proceso de degradación anaeróbica con producción de Biogas son:

* Residuos animales. Constituídos por las aguas cloacales y basuras generadas por el ser humano, los excrementos de los bovinos, ovinos, ganado caballar, suinos y aves; así como los residuos resultantes de su procesamiento e industrialización.

* Residuos vegetales, provenientes fundamentalmente de la cosecha y procesamiento de maíz, algodón, trigo, cebada, arroz, sorgo, caña de azúcar, remolacha azucarera, etc.

* Residuos resultantes de agroindustrias que procesan productos del sector agropecuario.

Encarando solamente las posibilidades que ofrecen las actividades agrocuarias más corrientes en nuestro país, es posible tener una idea de la grificación que puede tener el Biogas en nuestro país.

* 500 Kg. en pie de ganado vacuno generan 38,5 Kg./día de residuos, con 8 % de sólidos volátiles, que generan Biogas equivalentes a 0,75 Kg. FO/día.

En el Uruguay hay aproximadamente 3.500 tambos con 70 animales, lo que significaría una producción equivalente a 42.000 TFO/año.

* 500 Kg. en pie de cerdos generan 28,4 Kg./día de residuos con 7 % de sólidos volátiles, o sea Biogas equivalente a 0,5 Kg. FO /día.

Según estadísticas oficiales existen 450.000 porcinos capaces de generar residuos que fermentados darían Biogas equivalente a 8.000 TFO/año.

* 500 Kg. en pie de aves generan 31,3 Kg./día de residuos con 17% de sólidos volátiles, vale decir, equivalentes a 1 Kg. FO/día.

Según el Plan Granjero para 1978 se preveían establecimientos de postura y cría de parrilleros, capaces de generar residuos concentrados que producirían Biogas equivalente a 4.000 TFO/año.

Solamente de lo expuesto se concluye que se estarían generando por esta fuente Biogas equivalente a 55.000 TFO/año que representa el 6% del consumo nacional de Fuel Oil. Si a esto se agrega la posibilidad de explotación de residuos agroindustriales como los que se producen en las plantas de procesamiento y pasteurización de leche, frigoríficos, etc., así como de aguas cloacales mezcladas con basuras seleccionadas de algunas ciudades del interior donde la disposición de estos residuos constituye un problema, es posible tener una clara idea de hasta dónde, puede ser utilizado el Biogas como fuente alternativa de energía. No es nada despreciable, por lo que la iniciativa del Comando General del Ejército de encarar los estudios tendientes a definir la utilización de plantas de este tipo en el país, es sin duda un esfuerzo altamente positivo.

3.0 LA EXPERIENCIA REALIZADA

3.1 El objetivo

La investigación cumplida en ejecución tiene por objetivo diseñar una planta para procesar 3 m^3 de cama de ganado caballar, del Regimiento de Caballería Nº 1 "Blandengues de Artigas". La cama está compuesta de estiércol, orín y aserrín de madera.

3.2 Planificación

El trabajo se encaró sobre la base de cuatro etapas:

* Una búsqueda bibliográfica.

* Investigación a nivel de laboratorio.

* Investigación a escala piloto.

* Diseño de la planta (industrial).

Cabe destacar que la tercera etapa, o sea la Investigación en Escala Piloto, fue requerida e introducida como consecuencia de los resultados a escala de laboratorio, que no permitieron escalar directamente a la planta industrial.

1) La búsqueda biliográfica nos brindó una enorme cantidad de información cuya evaluación resultó sumamente difícil, en razón de la disparidad de los datos encontrados y la aproximación empírica de la mayoría de ellos; además de la complejidad de los estudios llevados a cabo con un enfoque y metodología científica. Como consecuencia se consideró indispensable la realización de ensayos a nivel de laboratorio, con la finalidad de conocer las características de las materias primas utilizadas, lo que confirmó la diferencia notoria de composición entre los residuos nacionales y los que presentaba la mayoría de la bibliografía. Esta situación es comprensible dado que ésta provenía fundamentalmente de países asiáticos, donde como es sabido, tuvo su origen la aplicación masiva de las plantas de Biogas con carácter energético, pero con notorias diferencias en especie, clima y alimentación de los animales generadores de residuos.

3.3 La ejecución

1) Las investigaciones a nivel de laboratorio se realizaron en fermentadores de 2 litros de capacidad, sumergidos en baños termotatizados y con agitación mecánica regulada. La operación fue discontínua. Los resultados indujeron la necesidad de realizar experiencias a escala piloto pero, al mismo tiempo, permitieron deducir características del proceso de importancia para

el diseño de la planta piloto. Por ejemplo, se comprobó que la presencia de aserrín de madera (de eucaliptus) de la cama, ejercía un efecto negativo sobre el proceso, quizás vinculado a su falta de biodegradabilidad y de ciertas sustancias resinosas tóxicas a las floras microbianas actuantes.

No obstante, se efectuó el análisis de ciertas variables como la temperatura, la relación carbono/nitrógeno, la agitación, porcentaje de sólidos en el digestor, etc.

Debido a la falta de homogeneidad de la materia prima y al pequeño volumen de los fermentadores luego de 8 meses de ensayos, no se pudieron llegar a los resultados esperados como para permitir directamente el diseño de la planta industrial.

El rendimiento de generación de Biogas promedio fue de 0,4 m^3/m^3 de fermentador por día.

2) La planta piloto

En base a los resultados de la etapa anterior, se decidió el dimensionamiento de la planta piloto, bajo las siguientes condiciones:

* La materia prima a procesar debería ser estiércol puro, o mezclado con residuos de paja, lo que hasta el momento no se ha conseguido.

* El volumen debería ser del orden de los 2 m^3 útiles y que debería estar instrumentada como para obtener los parámetros técnicos que permitieran diseñar la planta industrial.

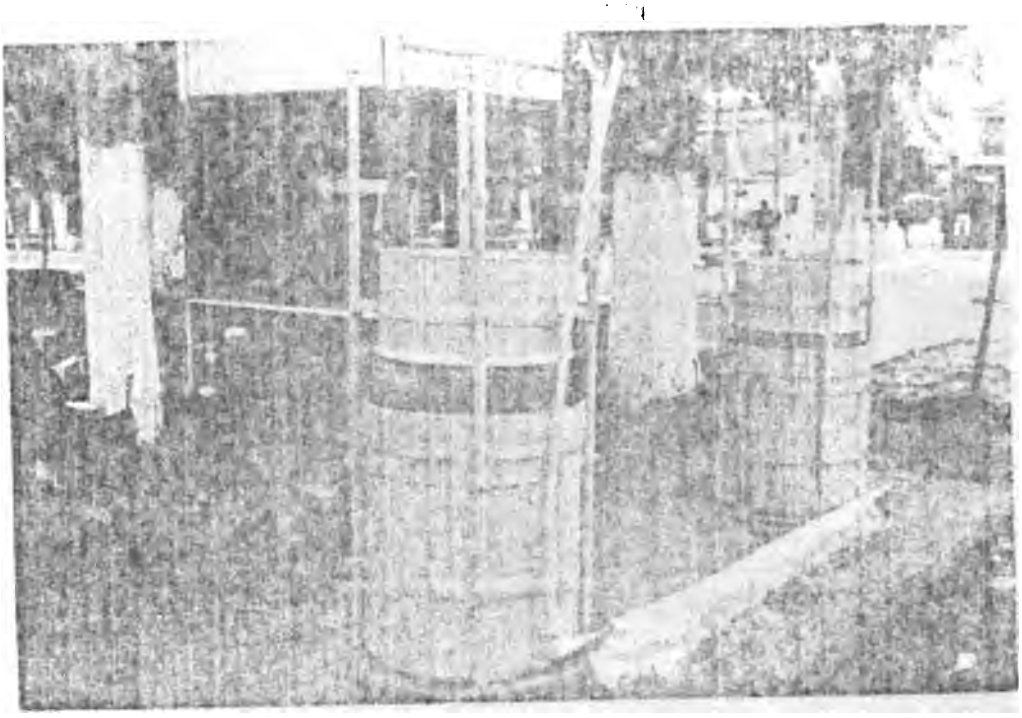
Se trataba de eliminar la falta de seguridad que se tenía a partir de los datos de la bibliografía y de los obtenidos de las experiencias a escala de laboratorio.

En las figuras adjuntas se muestran fotos generales de la planta, del digestor, del sistema de agitación que se realiza por recirculación de líquido y que al mismo tiempo sirve para la alimentación del digestor, del panel de control y de los gasómetros. El digestor es metálico y construído en forma versátil como para ensayar la agitación con recirculación de líquido o del gas; está aislado, y protegido de la corrosión del sistema por una capa de epoxi bituminoso. Los gasómetros están constituídos por tambores metálicos pintados para protegerlos de la acidez que determina la disolución del Anhídrido Carbónico en el agua de cierre.

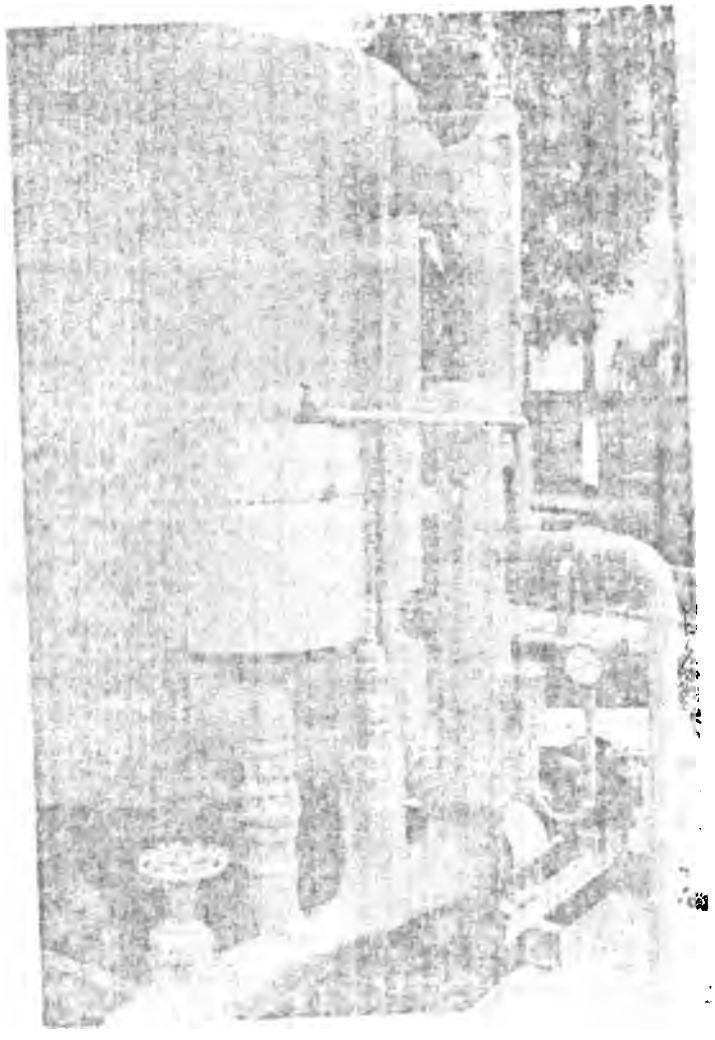
El gas producido se ha ensayado con éxito para calentamiento de agua, iluminación con farol a mantilla y accionamiento de un grupo motor generador de baja potencia con ciclo OTTO empleando la energía eléctrica generada para encender varias lamparillas. El motor fue adaptado por el Instituto de Máquinas de la Facultad de Ingeniería para consumir Biogas, con pequeñas modificaciones.

VISTA GENERAL.

PANEL DE CONTROL



GAGGETTO



[illegible] ALTIMONTA [illegible]

LAMINA 4

INFORMACION OPERATIVA DE PLANTA PILOTO DE BLANDENGUES

CAPACIDAD UTIL ..... 2 M^3
CARGA POR DIA ..... 50 KLG.
8% SOLIDOS TOTALES
90% SOLIDOS VOLATILES

COMIENZO OPERACION EL 30/9/1980.
COMIENZO DE RECARGA 30/10/980.

DRENAJE POR DIA ..... 50 KLG.
SOLIDOS TOTALES 3 %
pH 7.2 A 7.5

TEMPERATURA DE OPERACION ..... 36-40°C
AGITACION 5 VECES POR DIA, TOTAL 2 H.30
PRODUCCION DE GAS EN LA ESTABILIZAC... 1500 LTS.DIA
65% DE METANO
ESTABILIZACION COMENZO 27/11/980

ESTIMACION DE LA INVERSION SOBRE LA BASE DE UN DIGESTOR DE 200 M^3 Y UN GASOMETRO DE 120 M^3 Y CON MINIMO DE ACCESORIOS SERIA DE APROX.U$S 25.000.-

DISTRIBUIDO:
32 % GASOMETRO
9 % CAÑERIAS Y ACCESORIOS
39 % INGENIERIA CIVIL
20 % IMPREVISTOS

En la Lámina 4 se da una información operativa de la planta piloto, que aún continúa operando. Al mismo tiempo se realiza una estimación preliminar del costo de la planta industrial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

DE LOS GRUPOS DE TRABAJO

GRUPO DE TRABAJO Nº 1

POLITICA ENERGETICA NACIONAL Y AGROENERGIA

Como resultado de la discusión en torno a la Política Energética Nacional y a la agroenergía se han señalado los siguientes aspectos a título de recomendaciones y conclusiones de caracter general:

1. La necesidad de la definición de pautas y prioridades oficiales en relación a una estrategia energética nacional y la ubicación de la agroenergía en la misma. Esto implica, dada la base material de la producción agroenergética, la formulación de políticas agrícolas que garanticen su coherencia con la política energética y las necesidades que ella plantea. Se entiende que el Estado debería cumplir un papel de primera importancia en cuanto al estímulo y aliento de los rubros agrícolas destinados a esta transformación, teniendo en cuenta las consecuencias que se pueden originar en destinos alternativos de gran significación socio-económica como lo es el consumo de alimentos.

2. En este sentido se sugiere la realización de un esfuerzo prioritario en la definición de una política tecnológica que integre las distintas alternativas de producción energética, contemplando tanto las posibilidades técnicas, económicas, nacionales, como las que ofrecen instancias de integración regional en lo relativo a la producción de energía. Para dicha definición se entiende imprescindible un enfoque interdisciplinario integrado de las distintas etapas incluídas en el proceso de producción de energía, contemplando la base agrícola, la base industrial y la base de consumo energético. En el plan específico de la agroenergía se considera esencial la afirmación de una base tecnológica agroenergética nacional, en particular en lo referente a la investigación agronómica.

3. Se considera imprescindible avanzar en el conocimiento y la implementación de medidas de racionalización en el uso de la energía, como aporte concreto a la solución del desbalance energético del país.

4. Con referencia al marco legal actual y sin agotar la consideración del mismo, se entiende a título de ejemplo que el estado de situación del sector forestal (una de las fuentes principales agroenergéticas posibles para el Uruguay) exige la adecuación inmediata de dicho marco como pre-requisito para el desarrollo del sector como fuente agroenergética.

5. Se hace especial énfasis en los aspectos institucionales, a los cuales se otorga principal importancia en la viabilización del desarrollo energético nacional. En este sentido se estima necesario establecer claramente los mecanismos operativos, vínculos y áreas de acción de los distintos organismos involucrados.

6. Teniendo en cuenta que el tema de la producción de agroenergía nacional constituye un área de interés reciente, y atendiendo a la incipiente base de conocimientos que se dispone en el país, se considera imprescindible actuar con urgencia y ampliar las discusiones realizadas en este Seminario a un ámbito más general. En particular interesa su conocimiento por parte de las autoridades nacionales responsables de la definición de la política agroenergética nacional.

GRUPO DE TRABAJO Nº 2

DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA SUSTITUCION DE LA NAFTA Y DEL DIESEL

La sustitución del gas-oil tiene para el Uruguay más importancia que la de la nafta automotora, pero se estima que su puesta a punto está más alejada que la de esta última.

1. Criterios de Selección de Materias Primas

1.1. Balances energéticos agro-industriales positivos.

1.2. Costos de producción competitivos.

1.3. Utilización de fuentes alternativas complementarias con diferentes aptitudes edafoclimáticas, que aseguren el abastecimiento constante de materias primas.

1.4. Tecnologías establecidas en ambos sectores productivos.

Se entiende que la sustitución parcial o total de la gasolina, más conveniente a corto plazo, es la que ofrece el etanol y a más largo plazo el metanol. Como materias primas más interesantes se señalan la caña de azúcar, el sorgo azucarado y la madera.

2. Principales Acciones y Medidas para el Sector Público

2.1. Definición de una política energética nacional.

2.2. Financiamiento de la investigación científica y tecnológica para ambos sectores y en especial para el primario.

2.3. Establecimiento de políticas de financiamiento para incentivar programas de producción de materias primas energéticas.

2.4. Establecimiento de políticas de financiamiento para el sector industrial, público y privado.

2.5. Coordinación entre ambas políticas.

3. Principales Acciones y Medidas para el Sector Privado

3.1. Apoyo oficial para los fines de promoción de la agroenergía a las Asociaciones de:

3.1.1. Productores rurales.

3.1.2. Cooperativas Agrícolas.

3.1.3. Agroindustrias.

3.1.4. Profesionales universitarios para los fines de promoción de la agroenergía.

4. Otras Recomendaciones

4.1. Centralización de los esfuerzos de investigación, experimentación, de la extensión y producción, de agroenergéticos.

4.2. Programas y Proyectos demostrativos en las áreas edafoclimáticas que mejor se presten para la producción de materias primas, más convenientes para lograr la sustitución de gasolina y gas-oil.

GRUPO DE TRABAJO Nº 3

PERSPECTIVAS DE SUSTITUCION DEL FUEL-OIL

Considerando la evolución de los precios del petróleo y la consiguiente necesidad de su sustitución, se entiende de interés instrumentar medidas tendientes a la utilización con fines energéticos de los recursos naturales renovables, preservarlos de un uso expoliativo, incrementar la intensidad de uso de los suelos, generar demanda de mano de obra y cooperar con la industria nacional en las transformaciones necesarias.

Hay consenso general en cuanto a que es una necesidad, primero nacional y luego empresarial, el sustituir el fuel-oil en la industria. Se ve como muy importante pasar a un combustible nacional y renovable: la madera.

Las tecnologías de conversión se adecuarán a cada empresa. Se entiende que el Estado va a tener un papel preponderante en la concreción de medidas que aseguren al menor plazo posible el aumento de las masas forestales.

Asimismo, se ha detectado que es de similar importancia instrumentar los mecanismos que aseguren el suministro de leña a las empresas, así como que éstas la utilicen.

RECOMENDACIONES

1. Forestar aplicando técnicas que aseguren maximizar producción y rentabilidad.

2. El Estado debe implementar instrumentos de estímulo para que productores e industriales encaren proyectos de forestación acordes con las necesidades nacionales.

3. Fortalecer y crear los centros de investigación relacionados con el tema de producción y conversión.

GRUPO DE TRABAJO Nº 4

ENERGIA PARA EL SECTOR RURAL

DESTILERIAS Y BIODIGESTORES

En el Sector Público se está tomando conciencia de la importancia de la agroenergía como fuente sustitutiva y renovable de los combustibles fósiles lo que queda demostrado a través de las acciones oficiales ejecutadas hasta la fecha.

El Sector Privado sería receptivo a la utilización de este tipo de energía, para lo cual sería necesario realizar una actividad de extensión promoviendo tecnologías conocidas pero adaptadas a las condiciones del país.

En el caso particular de las destilerías requeriría previamente tomar decisiones en el campo de la política de producción de alcohol en el país.

Caracterización de la Situación Actual

Clientela probable

a) Productores rurales que tengan su producción de residuos concentrada (tambos, criaderos, etc.).

Agroindustrias y pequeñas comunidades del interior para procesamiento de residuos domiciliarios y cloacales.

b) Dentro de las variables que se consideran fundamentales para caracterizar a los demandantes estarían: la disponibilidad en calidad y concentración de materias primas y la posibilidad de utilización de los productos en las proximidades de la planta generadora.

A los efectos de adaptar las tecnologías disponibles a las características de estos recursos, se considera fundamental:

1. El desarrollo de proyectos pilotos de microdestilerías y biodigestores en determinadas zonas prioritarias.

2. La creación de un centro público que recopile y divulgue la información existente sobre los sistemas agroenergéticos a ser desarrollados.

3. Coordinar las acciones para estudios en el área de las destilerías y biodigestores.

4. Aunar esfuerzos de los sectores públicos y privados y solicitar el apoyo de los organismos internacionales a efectos de lograr una adecuada concentración de los recursos que permitan una rápida respuesta a las necesidades en este campo.

5. Adecuar el marco legal para la implantación de estos métodos.

FECHA DE DEVOLUCION			

SERIE PONENCIAS, RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DE EVENTOS TECNICOS No. 23

ISSN 0301 — 5378