

Petróleo y biomasa: ¿complementarios o adversarios?

Por Roberto Cunningham

El medio que nos rodea está constituido por unos pocos conjuntos de materiales: biomasa (plantas y animales), biomasa fósil (petróleo, gas natural, carbón mineral), minerales y atmósfera. De ellos se deriva todo lo que tenemos en derredor, si bien del petróleo y la biomasa se produce la inmensa mayoría. En este aspecto, dichos recursos ¿están para combatirse o para complementarse?

Por diferentes razones y por primera vez estamos asistiendo a la posibilidad de una síntesis integradora entre estos dos recursos fundamentales para la humanidad.

El presente trabajo analiza la historia de los componentes a los que ancestralmente el hombre ha recurrido para proveerse de productos y materiales; las semejanzas y diferencias entre petróleo y biomasa; los consumos en países desarrollados y subdesarrollados, y el efecto disparador que representa el problema ambiental en esta búsqueda integradora.

Roberto Cunningham es Doctor en Química egresado de la Universidad Nacional de La Plata y se desempeña como Director General del Instituto Argentino del Petróleo.

Es, además, profesor titular de Industrias Químicas en la Universidad Nacional de La Plata y autor de varios libros en su especialidad, así como de trabajos técnicos, cursos y conferencias en nuestro país y el exterior.

Un poco de historia

El medio que nos rodea está constituido por unos pocos conjuntos de materiales:

- biomasa (plantas y animales, vivos o muertos).
- biomasa fósil (petróleo, gas natural, carbón mineral).
- minerales.
- atmósfera.

A ellos ha recurrido ancestralmente el hombre para proveerse de productos, materiales, útiles, etcétera.

Cronológicamente hablando, las primeras fuentes a las que se apeló fueron la biomasa y los minerales. Madera y leña, cuero, pergamino, esencias, aceites, grasas, hueso, colorantes, metales, cerámica, vidrio, representan desordenados ejemplos de esta utilización.

Tuvieron que transcurrir muchos siglos para que la biomasa fósil comenzara a entrar en escena. El primer actor fue el carbón, empleado como insumo energético, tanto doméstico como industrial, que tanto tuviera que ver con el despegue del mundo moderno en la Gran Bretaña de la segunda mitad del siglo XVIII, reemplazando a la madera y al carbón vegetal. Este es el primer ejemplo de incursión de la biomasa fósil sobre su homónima joven.

El segundo ejemplo aparece un siglo más tarde, cuando cortes de petróleo empiezan a emplearse para proveer iluminación doméstica, desplazando a aceites vegetales y sebos. Lo que parecía ser un mercado limitado, tuvo una inusitada e imprevista expansión, originariamente en USA, con el advenimiento del automóvil hacia fines del siglo XIX.

Mientras tanto, los residuos de coquificación de los altos hornos de la siderurgia habían comenzado a ser fuente de coloran-

tes y daban nacimiento, a poco andar la Revolución Industrial británica, a lo que luego sería la moderna química industrial. Fueron los químicos alemanes quienes desarrollaron esta nueva alternativa y así, con ellos, se da un nuevo paso en la irrupción de la biomasa fósil, esta vez como fuente de productos químicos a través del carbón.

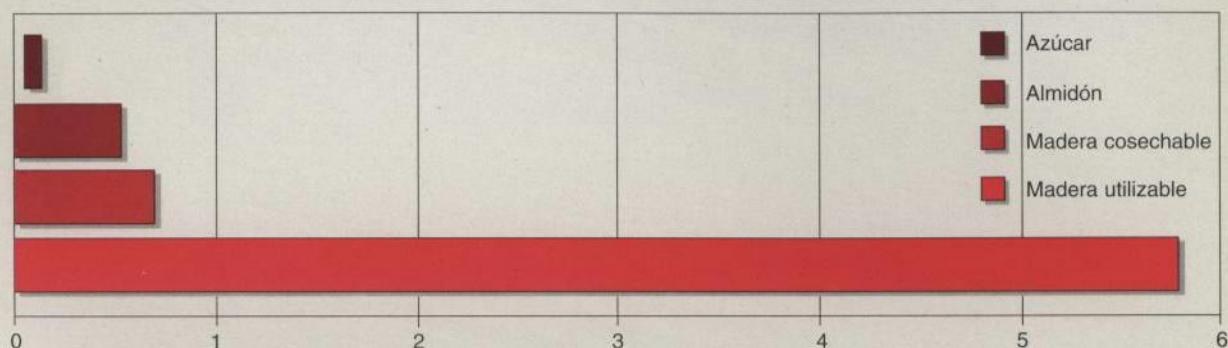
La formidable escuela físico-química alemana tuvo a su cargo el desarrollo masivo de la carboquímica en las primeras décadas del siglo XX. Ella misma abasteció el mercado con colorantes, fármacos, polímeros, explosivos y combustibles sintéticos. Esencialmente, fue la química de los aromáticos.

Entretanto, el uso de petróleo como fuente de combustibles seguía creciendo en USA. Las refinerías se multiplicaban y, con ellas, los gases de chimenea ricos en olefinas. Estas gigantescas plantas continuas constituían campo fértil para los desarrollos de los ingenieros químicos (así como las plantas *batch* habían sido propicias para los químicos alemanes). De este modo, los gases de refinería con sus olefinas altamente reactivas, en conjunción con el enfoque distintivo de la ingeniería química, fueron la simiente que daría nacimiento a una nueva industria: la petroquímica. Con un arranque tímido en la década del 30, la petroquímica se consolida y desplaza en forma casi total a la carboquímica luego de la segunda guerra mundial.

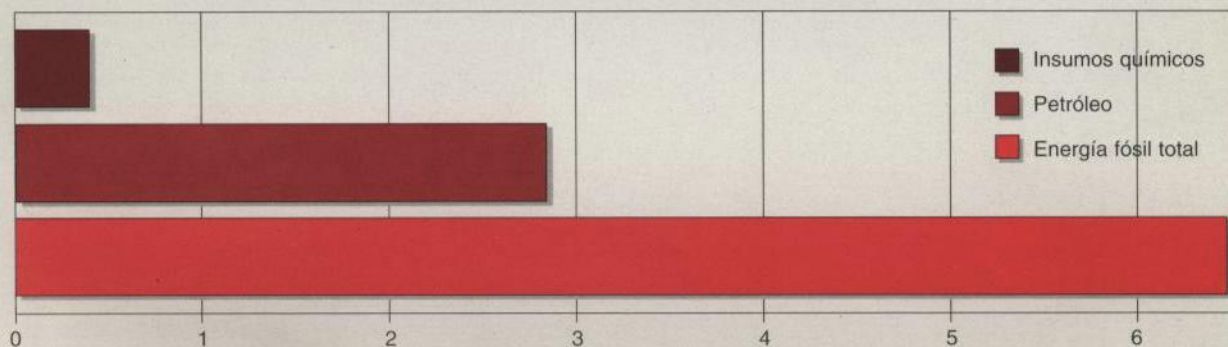
Costos y volúmenes sin competencia fueron los factores determinantes para que centenares de productos (muchos de ellos inexistentes con anterioridad) inundaran los mercados más variados con plantas distribuidas en todo el mundo.

Pocos años necesitó el petróleo para erigirse en el insumo energético y químico por excelencia. Su contraparte ancestral en la

Producción de Biomasa



Consumo de Biomasa Fósil



industria química y energética, la biomasa, quedó relegada a unos pocos nichos competitivos como los aceites esenciales, oleorresinas, ácidos grasos, celulosa y almidones.

Llegamos así a la década del setenta, cuando se produce la primera crisis importante de precios del petróleo. Y es entonces cuando muchos organismos de planeamiento así como centros de I & D vuelven su mirada a la biomasa vegetal tratando de encontrar en ella el sustituto competitivo.

Pronósticos apocalípticos de los precios del petróleo constituían un acicate para este planteo (mucho más que la controversia entre recursos renovables y aquellos que no lo son). Pero la concreción de estas ideas requería algo más que una mera cuestión de precios.

Petróleo y Biomasa. Sus semejanzas

Y, efectivamente, un segundo punto de apoyo pareció encontrarse en el hecho de que, al comparar estos dos insumos, los "grandes números" de ambos son del mismo orden de magnitud. En efecto, como

puede observarse en la figura 1, la magnitud de la producción mundial anual de biomasa vegetal es similar a la del consumo de la biomasa fósil.

La figura 2 da un grado mayor de detalle al respecto, al par que permite comparar los

volúmenes de producción de *commodities* en ambos sectores (1).

Seguramente esto alentó a algunos autores a proponer una suerte de convergencia de los árboles petroquímico y biomásico con *commodities* que podían generarse a

FIG 2 LA BIOMASA EN EL MUNDO (miles de millones ton/año)

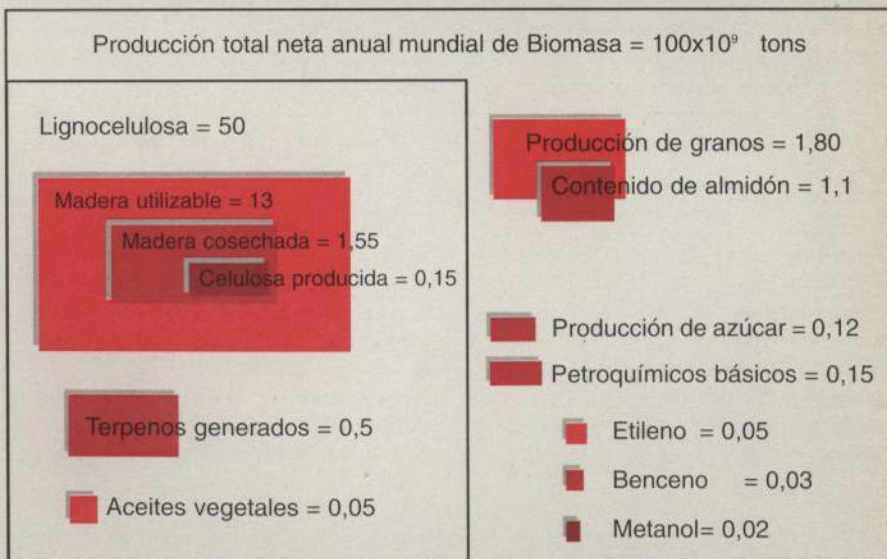


FIG 3 RUTAS FOSIL Y BIOMASICA

RUTA FOSIL		RUTA BIOMASICA	
	AMONÍACO	METANO	DESECHOS MUNICIPALES
GAS NATURAL	METANOL	CARBOHIDRATOS	MADERA
	OTROS C ₁	ETANOL	PLANTAS
PETRÓLEO	OLEFINAS	ACEITES VEGETALES	ALGAS
		ACEITES ESENCIALES	RESIDUOS
		ACIDOS GRASOS	CULTIVOS DE AZÚCAR
			CEREALES
			DESECHOS FORESTALES
CARBÓN	AROMÁTICOS	GOMAS	HEVEA
		RESINAS	OLEAGINOSAS
			ARBOLES, ARBUSTOS

FIG 4 RUTA OLEOQUIMICA



partir de uno u otro recurso en forma indistinta y que jugaban a modo de "comodines" en el planteo (véase al respecto la figura 3 y la posición del metano, metanol y etanol).

No obstante, como todos sabemos, los pronósticos apocalípticos de precios finalmente no se cumplieron y las propuestas cayeron en el olvido.

Así llegamos a la década del 90, y un nuevo factor entra en escena: la presión ecológica. Este factor está jugando el mismo rol que los pronósticos de precios de los '70; esto es, hacer volver la mirada a la biomasa vegetal. La diferencia es que, contrariamente a lo ocurrido con los precios, la cuestión ambiental vino para quedarse. A la luz de ello vale la pena que analicemos el tema con mayor profundidad.

Petróleo y biomasa. Sus diferencias

Resulta ciertamente curioso que, apenas comienza uno a realizar un ejercicio de comparación entre el petróleo y la biomasa, sólo encuentra caracteres opuestos. Veámoslo.

Costo de colocación del insumo en puerta de fábrica

Las características físicas del petróleo (un líquido almacenado en reservorios, que una vez extraído es fácilmente transportado) determina que su costo relativo de colocación en puerta de fábrica sea pequeño comparado con los costos de conversión en el *downstream* químico.

Contrariamente, la colocación de biomasa en puerta de fábrica, involucra costos de recolección, cosecha (incluso cultivo) y aca-

reos que son significativos cuando se los compara con las operaciones aguas abajo (y con el petróleo en términos de volumen).

Volúmenes disponibles

Como una extensión de lo dicho precedentemente, el petróleo se encuentra, a diferencia de la biomasa, fácilmente disponible en grandes volúmenes.

Diferenciación química

Desde el punto de vista químico y en términos generales, el petróleo es la misma mezcla de hidrocarburos cualquiera sea su origen geográfico. Del mismo siempre obtendremos los mismos productos de refinación y craqueo. En cambio, desde el punto de vista de su composición química, un jugo cítrico no tiene ningún rasgo en común con una esencia de eucalipto, o un aceite oleaginoso, o un tanino, etcétera.

Las tres características vistas hasta acá contribuyen, cada una con lo suyo, a dar un carácter fuertemente universal al petróleo por oposición al carácter típicamente regional de la biomasa. Pero sigamos con las comparaciones.

Longitud de la cadena insumo-producto

En el caso del petróleo, salvo para los combustibles*, la cadena insumo-producto hasta llegar al consumidor final requiere de varias etapas de síntesis. Es, por lo tanto, larga. Para la biomasa, en cambio, una o dos etapas de extracción y/o fraccionamiento usualmente bastan para llegar al público.

Complejidad tecnológica

Las tecnologías involucradas en refinación y petroquímica involucran condiciones severas de proceso y grandes plantas continuas de uso específico.

Con biomasa, las tecnologías implican condiciones de trabajo moderadas y muchas veces son meras operaciones físicas.

Los cuadros 1 y 2 completan esta comparación con mayor grado de detalle.

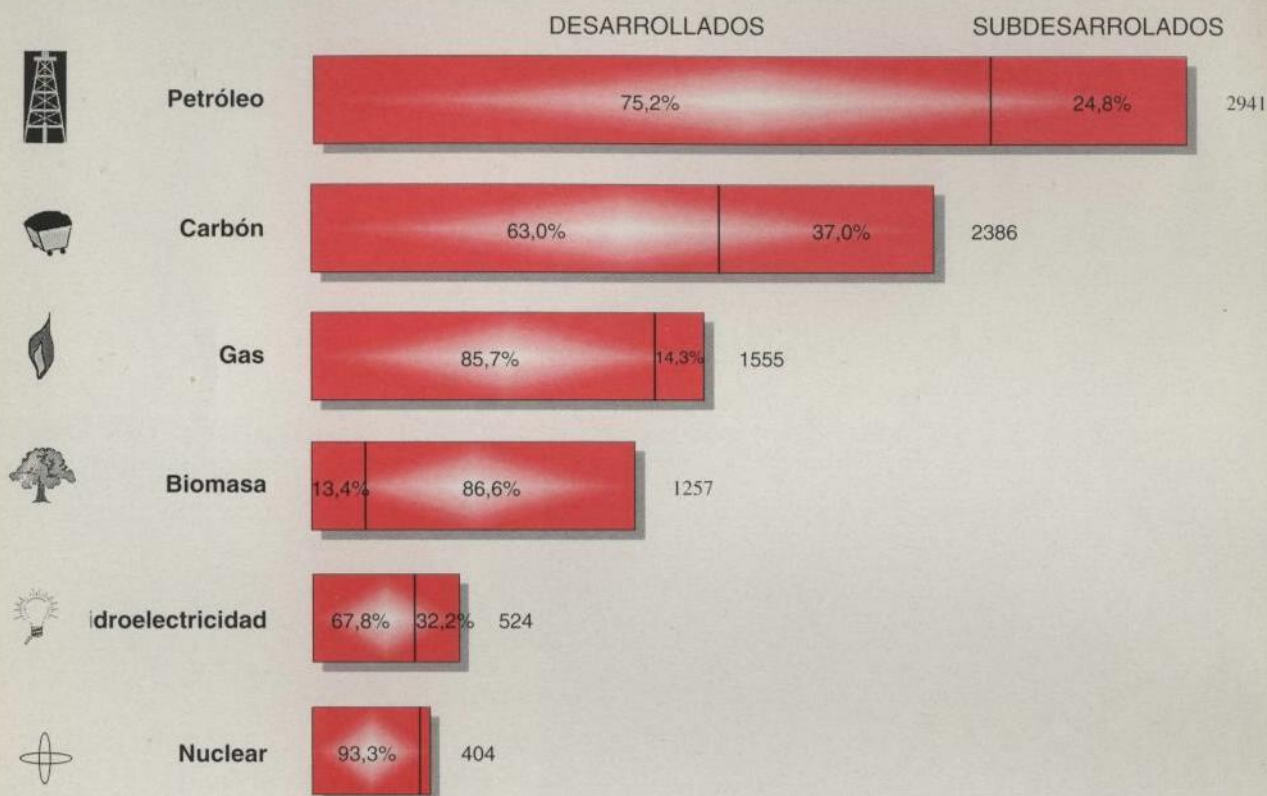
Biomasa y productos químicos

Todo este panorama muestra que la supuesta sustitución o interconexión de los árboles de la petroquímica y la biomasa no puede plantearse con ligereza. Así, la posibilidad de producir combustibles a partir de la biomasa compitiendo en volumen y costo con los derivados del petróleo, aparece como muy dudosa y requiere, como veremos

* Que, dicho sea de paso, constituyen uno de los pocos ejemplos de *commodities* industriales consumidos por el público.

FIG 5

BIOMASA, ENERGIA Y SUBDESARROLLO Perfil del consumo (millones tons. P.E./año)



más adelante, planteos mucho más integrales y complejos. En el caso de los productos químicos, para la biomasa hay, sin embargo, nichos propios. Pero esto requiere un análisis preliminar.

Petroquímica, craqueo y *commodities*

Para poder llegar a los productos intermedios y finales, la petroquímica parte de unos pocos "ladrillos" básicos: BTX, olefinas, metano, etano. Para llegar a los dos pri-

meros grupos, el complejo edificio molecular del petróleo es demolido. Luego se realiza la reconstrucción por vía sintética. En el arranque de esta ruta están los *commodities*. Sin este artificio de demolición y recons-

FIG 6 "COMPETENCIA" ENTRE BIOMASA Y PETROLEO / GAS NATURAL

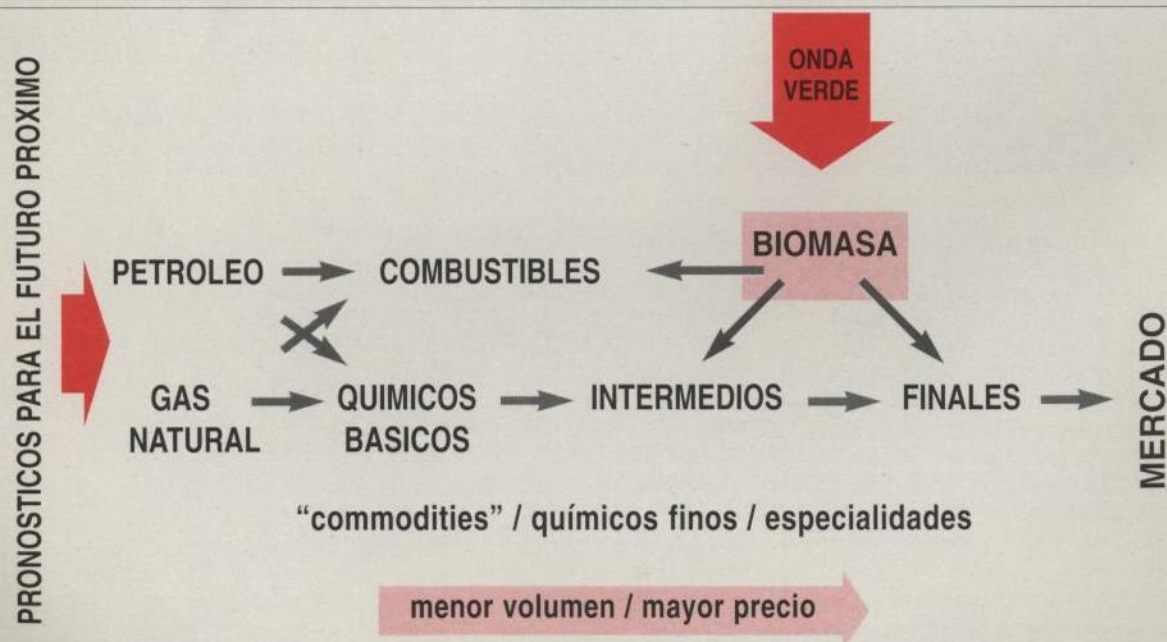


Tabla 1: Incidencia porcentual del empleo de leña en la matriz energética

Brasil	37,2
Tailandia	40
Indonesia	51,1
Guatemala	56,2
Honduras	59,5
Malawi	85,8

Tabla 2: Biomasa, productos químicos y subdesarrollo

Principales productores mundiales de aceites esenciales y oleorresinas

Brasil	India	Paraguay
China	Indonesia	Perú
Comoras	Malawi	Singapur
Egipto	México	Sri Lanka
Guinea	Marruecos	Tailandia
Haití	Pakistán	Tanzania

trucción la petroquímica no sería posible.

Ahora bien, ¿es éste un principio universal para cualquier ruta de la química? O, dicho de otro modo, para llegar al consumidor final partiendo de un determinado recurso físico distinto del petróleo, ¿es inevitable tener que pasar por los *commodities*?

Obviamente, la respuesta es no. Decir lo contrario sería pretender imponer el esquema de la ruta petroquímica a cualquier otra ruta de la química.

En tal sentido, la biomasa brinda la posibilidad de que sepamos aprovechar la compleja construcción molecular efectuada por la naturaleza. Es el caso de un aroma, un sabor o un fármaco en el que la molécula responsable de tal actividad es extraída y comercializada como tal sin cambios químicos entre origen y mercado.

Ocurre lo mismo aun cuando, cambios químicos mediante, se sigue aprovechando la construcción molecular natural. Es el caso, por ejemplo, de la ruta oleoquímica ilus-

trada en la figura 4. En ninguno de estos casos hay destrucción molecular.

Biomasa y subdesarrollo

Observar la matriz energética de distintos países es una forma de tener un mapa del desarrollo. La figura 5 es elocuente en ese sentido (2). En la misma se ha representado el perfil del consumo energético mundial según sus distintas fuentes y discriminando los casos de los países desarrollados y subdesarrollados. La Tabla 1 (2) completa el panorama ilustrando la incidencia del empleo de leña como combustible para un grupo de países.

Las conclusiones son evidentes: el aporte de la biomasa a la matriz energética es inversamente proporcional al grado de desarrollo de una sociedad. Las mismas consideraciones parecieran valer para la fabricación de algunos productos químicos si nos atenemos a lo que indica la Tabla 2.

De lo expuesto se desprende en forma

incuestionable un interrogante: el acceso al desarrollo ¿nos aleja en forma concomitante de la biomasa? Para responder, tenemos que analizar qué está ocurriendo en los países desarrollados.

Biomasa y desarrollo

El aprovechamiento de la biomasa en países subdesarrollados y desarrollados obedece a ideas rectoras distintas.

Ya vimos en la sección anterior que los países subdesarrollados tienden al empleo directo de la biomasa como combustible. Avanzando un poco más, en comunidades rurales pobres se está empleando biogas (obtenido por fermentación anaeróbica de detritos de animales) como combustible doméstico en pequeña escala.

Ahora bien, en Europa también hay proyectos de biogas. Pero en este caso, su razón de ser es resolver el problema ambiental de los desechos de criaderos de animales produciendo en su lugar un gas pobre (el biogas) y



un fertilizante (el otro producto de la fermentación). Como se ve, el mismo proyecto tiene ideas rectoras completamente distintas según sea el grado de desarrollo de la sociedad en el que se aplique.

Por otro lado, como correlato del uso de bosques para leña en sociedades subdesarrolladas, tenemos la contrapartida de los proyectos LEBEN (Large European Bio Energy Network) de la Comunidad Europea (3).

Los proyectos LEBEN involucran la coordinación de una estrategia ambiental (reducción del efecto invernadero en un ciclo completo limpio) con una estrategia energético-química (a llevar a cabo con los productos derivados de la biomasa forestal). Esta estrategia involucra desarrollar cultivos de biomasa para generar combustibles y productos químicos en una ruta tal que su valor agregado provea rentabilidad al proyecto. La meta a mediano plazo es generar un potencial de provisión similar al del petróleo del Mar del Norte (2 millones de barriles por día). Para ello, hay instalados cin-

TABLA 3 PROYECTOS LEBEN: METAS DE IMPLEMENTACION

Etapas demostrativas	Año	Etapas Comerciales	Año
Pirólisis avanzada	1993		1996
Uso de bio crudo en generación de energía	1994		1997
Pulpa para papel de sorgo dulce	1996		1998
Producción de electricidad	1996		2000
Producción de sorgo dulce	1996		2010
Bosques de rotación rápida	1997		2000
Turbina a bio crudo	1997	Electricidad para turbinas de cerámica	2000
Combustión avanzada	1998	Etanol combustible	2000
Síntesis de hidrocarburos de bio crudo	1999		2002
Gasificación avanzada de combustibles líquidos	2002		2005

co establecimientos piloto demostrativos (en Galicia, Evritania, Campania, Umbria y Cerdeña). La Tabla 3 indica el programa de trabajos (3).

La conclusión es entonces obvia: no

hay oposición entre biomasa y desarrollo, como tampoco la hay con el petróleo. El problema reside en la idea rectora que presida la formulación del proyecto (o planeamiento) respectivo.

CUADRO 1 EL PETROLEO, GAS NATURAL Y SUS DERIVADOS Y SUS VARIABLES ESTRATEGICAS

	Petróleo y Gas Natural	Productos de refinación	Petroquímicos básicos	Intermediarios químicos	Químicos finales
1.- Costos relativos de explotación, producción y transporte	bajos				
2.- Diferenciación química en cuanto a origen geográfico	indiferenciados				
3.- Volumen de producción	grande		grande	mediano	pequeño
4.- Inversión de planta	grande		grande	moderada	pequeña
5.- Especificidad de planta	total		total	pequeña	pequeña
6.- Severidad de proceso	alta		alta	baja	baja
7.- Contaminación	variable		variable	variable	variable
8.- Disponibilidad de materia prima o intermediario	grande		grande	variable	variable
9.- Mercado de tecnología	abierto		abierto	semicerrado	semicerrado
10.- Distribución geográfica de la producción	amplia		amplia	concentrada	concentrada
11.- Longitud de la cadena insumo - producto	corta (combustibles)				larga

CUADRO 2

LA BIOMASA VEGETAL Y SUS DERIVADOS Y SUS VARIABLES ESTRATEGICAS

	Biomasa vegetal	Celulosa y Papel	Aceites Comest.	Azúcares	Oleoquímicos			Ac. Esenciales y Oleorresinas
					Básicos	Intermed.	Finales	
1.- Costos relativos de explotación, producción y transporte	altos							
2.- Diferenciación química en cuanto a origen geográfico	gran diferenc.							
3.- Volumen de producción		grande	grande	grande	grande	mediano	pequeño	pequeño
4.- Inversión de planta		grande	mediana	mediana	grande	mediana	pequeña	pequeña
5.- Especificidad de planta		total	mediana	grande	mediana	baja	baja	baja
6.- Severidad de proceso		pequeña	mediana	pequeña	mediana	pequeña	pequeña	pequeña
7.- Contaminación		importante	pequeña	mediana	variable	variable	variable	pequeña
8.- Disponibilidad de materia prima o intermediario		condic. geográf.	condic. geográf.	condic. geográf.	condic. geográf.	variable	variable	condic. geográfico
9.- Mercado de tecnología		abierto	abierto	abierto	abierto	semi-cerrado	semi-cerrado	abierto
10.- Distribución geográfica de la producción		condicionada	condicionada	condicionada	condicionada	concentrada	concentrada	concentrada
11.- Longitud de la cadena insumo - producto		corta	corta	corta			larga	corta

De paso obsérvese otro aspecto de singular importancia: los proyectos LEBEN constituyen un intento por resolver el problema, todavía pendiente, de obtener combustibles a partir de la biomasa en volúmenes y costos comparables con los del petróleo.

Petróleo y biomasa

¿Complementarios o adversarios?

Llegamos así a la cuestión fundamental: el petróleo y la biomasa, ¿están para combatir o para complementarse?

Si recordamos el repaso histórico del comienzo y tenemos en cuenta lo agregado posteriormente, observamos que por primera vez estamos asistiendo a la posibilidad de una síntesis integradora entre estos dos recursos físicos fundamentales para la humanidad.

El petróleo seguirá siendo el energético por antonomasia en precio y volumen. En dicho terreno, la biomasa seguirá aportando

lo suyo en comunidades subdesarrolladas.

Es en el campo de los productos químicos donde ambos se complementarán en áreas o nichos propios. El petróleo, con la vastedad de los derivados petroquímicos; la biomasa, aprovechando el trabajo de síntesis realizado por la naturaleza al construir moléculas de complejidad inimitable proveedoras de propiedades que el mercado demanda, como puede observarse en la figura 6.

A su vez, entre ambos se erige la cuestión ambiental determinando límites y alcances y dando a la biomasa potencialidades crecientes. El hombre retorna en parte a las fuentes y recurre a la moderna tecnología en esta síntesis integradora.

Referencias

1. van der Toorn, B., *Strategy for Biomass Conversion*, Selected Papers, Shell International Petroleum Company, 1988.
2. *Green Energy*, United Nations Environment Program, 1991.
3. *Biomass for Energy and Environment, Agriculture and Industry in Europe*, Ed. G. Grassi, T. Bridgwater, Commission of the European Communities, 1992.