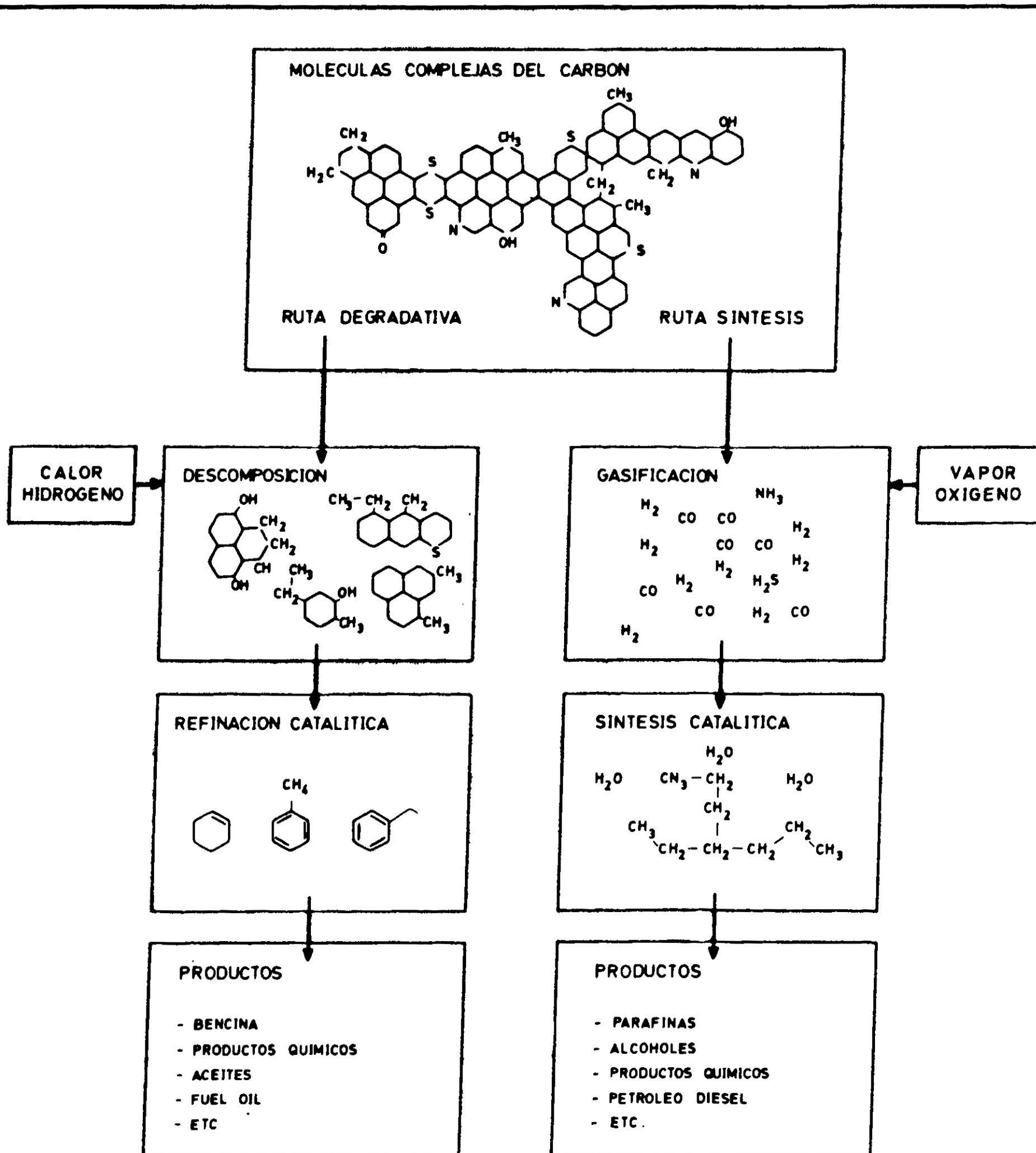


NOTICIAS



CHILE Y LA CRISIS ENERGETICA

EL CARBON COMO FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

- * Uno de los mayores desafíos que enfrenta el Mundo no excluye a Chile.
- * Ante una producción nacional insuficiente de petróleo y gas natural, la licuefacción-transformación del carbón en petróleo— emerge como una posibilidad cierta.
- * Investigaciones en nuestra Facultad tropiezan con la barrera del financiamiento.

Chile es un país que posee petróleo y gas natural en la zona sur del territorio. Sin embargo, la producción actual y la potencia de ellos es absolutamente insuficiente para abastecer las necesidades locales de energía, pues importamos casi el 75% de nuestra demanda energética. Y se estima que para 1990 —apenas una década más— las importaciones en este rubro llegarán a cerca de 2.000 millones de dólares. Una cifra abismante para las pretensiones de una nación en vías de desarrollo. ¿Qué hacer?

En el Departamento de Tecnología Química de nuestra Facultad se han efectuado investigaciones en el campo de la utilización del carbón como fuente alternativa de energía. Los estudios se han centrado en la gasificación del carbón, con el objeto de obtener un gas natural sintético y la utilización de mezclas carbón-petróleo, como una forma de sustitución parcial de este último.

Se ha demostrado que la adición al carbón de compuestos inorgánicos, de bajo costo, aumenta significativamente la eficiencia de la gasificación. Esos estudios de las mezclas carbón-petróleo han demostrado que su utilización en Chile es conveniente por cuanto permite, por ejemplo, un ahorro de petróleo en los quemadores de los hornos en la industria del cobre.

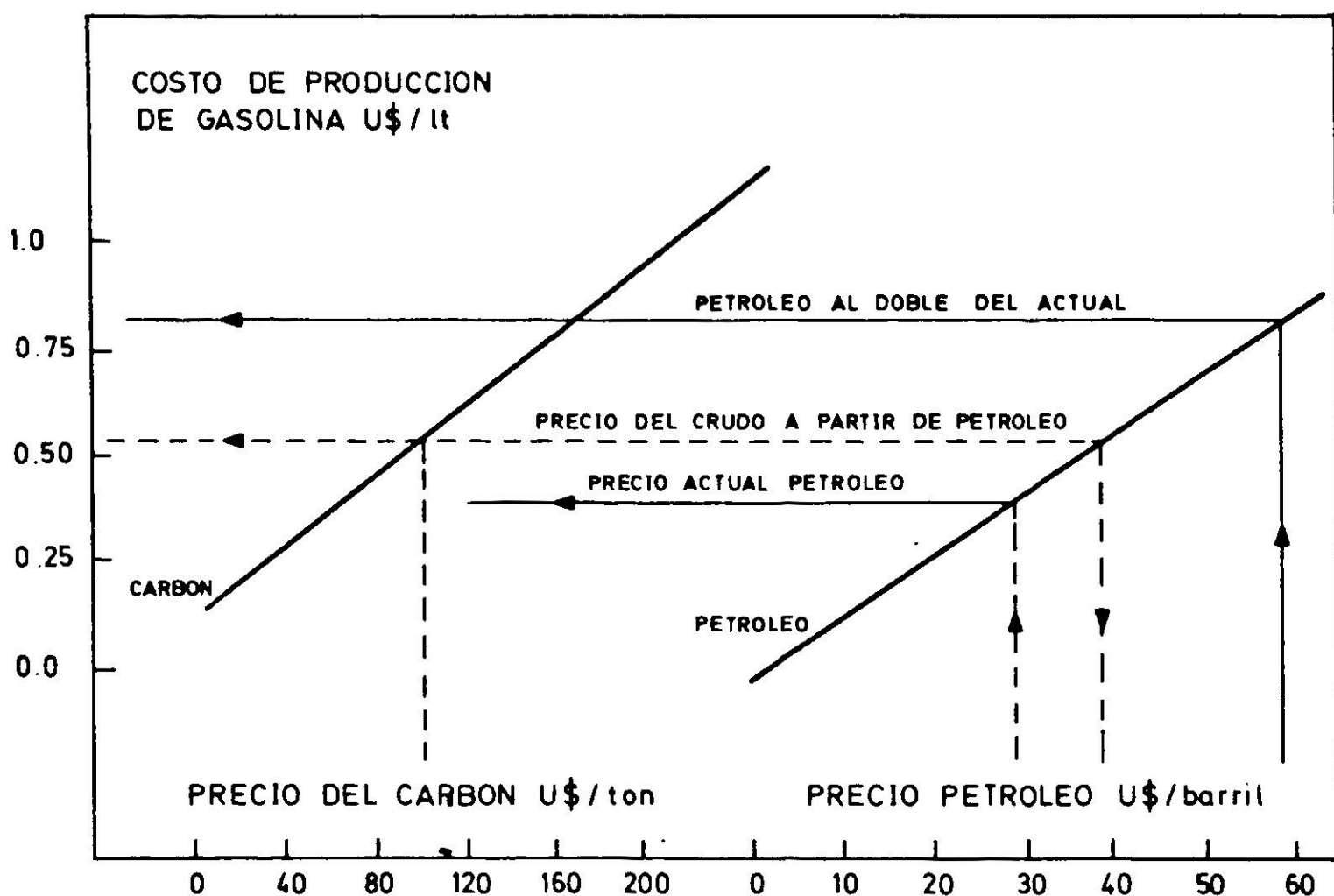
Pero el problema financiero es grave para llevar a cabo investigaciones en Chile. El Departamento de Tecnología Química cuenta con una infraestructura mínima para realizar este tipo de proyectos, que es insuficiente para llevarla adelante en buena forma. Entonces hay que volver los ojos más allá de los muros de la Universidad, como se ha hecho en los países desarrollados, a fin de poder acelerar el ritmo de los trabajos. En esas naciones un porcentaje importante del presupuesto de la investigación universitaria proviene de la industria, lo que no se da en Chile. Es entonces, importante hacer un gran esfuerzo para unir a la Universidad con la Industria Nacional.

Este problema es digno de un reportaje a fondo. "NOTICIAS" entrevistó al Ingeniero Civil Químico (U. de Chile 1972) Ricardo Badilla Ohlbaum, Master en Ingeniería Química (U. de Toronto, 1976), Doctor en Ingeniería Química (Imperial College, U. de Londres, 1979), cuya tesis se basó en el "Desarrollo de Catalizadores para la licuefacción del carbón".

EL DESAFIO DE LA CRISIS ENERGETICA

Uno de los mayores desafíos que enfrentamos es la solución de la crisis energética. La disminución

NOTICIAS



Valores estimados del costo de la gasolina en función del precio del petróleo y del carbón.

continúa de las reservas de petróleo y los precios cada vez más altos que demandan los países productores han puesto en la conciencia de todos la necesidad de preocuparse del problema.

Esta situación repercute fuertemente en los países en vías de desarrollo como el nuestro. Chile cuenta con recursos de petróleo y gas natural en la zona sur (Magallanes), pero la producción actual y la potencial son totalmente insuficientes para abastecer las necesidades locales.

En 1979 la producción nacional alcanzó a 1,55 millones de m³, mientras que la demanda fue de 6,11 millones. "Es decir, advierte Ricardo Baddilla, tuvimos que importar casi el 75% de nuestra demanda. Para 1990, si se persiguen tasas de crecimiento anual de nuestra economía de 5 a 7%, la demanda será del orden de 12 millones de m³ de petróleo, y la producción, a pesar de los esfuerzos de la ENAP por el agotamiento de las reservas nacionales, seguramente no crecerá significativamente y, muy probablemente, será inferior a la actual. Además, esta situación significará comprometer ¡1.500 a 2.000 millones de

dólares en importaciones por año! Esta cifra es muy alta por lo que sin duda, el futuro económico del país depende, en gran medida, de que seamos capaces de resolver este problema de tan tremenda importancia". Agrega:

—Tal cantidad (1.500-2.000 millones de dólares año) la arrojan los precios actuales (30-35 US\$/barril). Ciertamente serán superiores en el futuro. Por lo tanto, está en juego la seguridad de la nación. Todo esto sin considerar desarrollos traumáticos en el problema, causados por problemas políticos en los países productores, especialmente los del Medio Oriente, lo que pone en duda la capacidad real de realizar estas importaciones en el futuro.

Si examinamos el total de la demanda energética actual del país, el 64% proviene de hidrocarburos líquidos y gaseosos; un 22%, de la energía hidroeléctrica; y sólo un 14% del carbón. De donde se desprende que la demanda de energía mediante los combustibles líquidos y gaseosos sea tremendamente importante. De ella depende el transporte, gran parte de la industria y los con-

C A R B O N

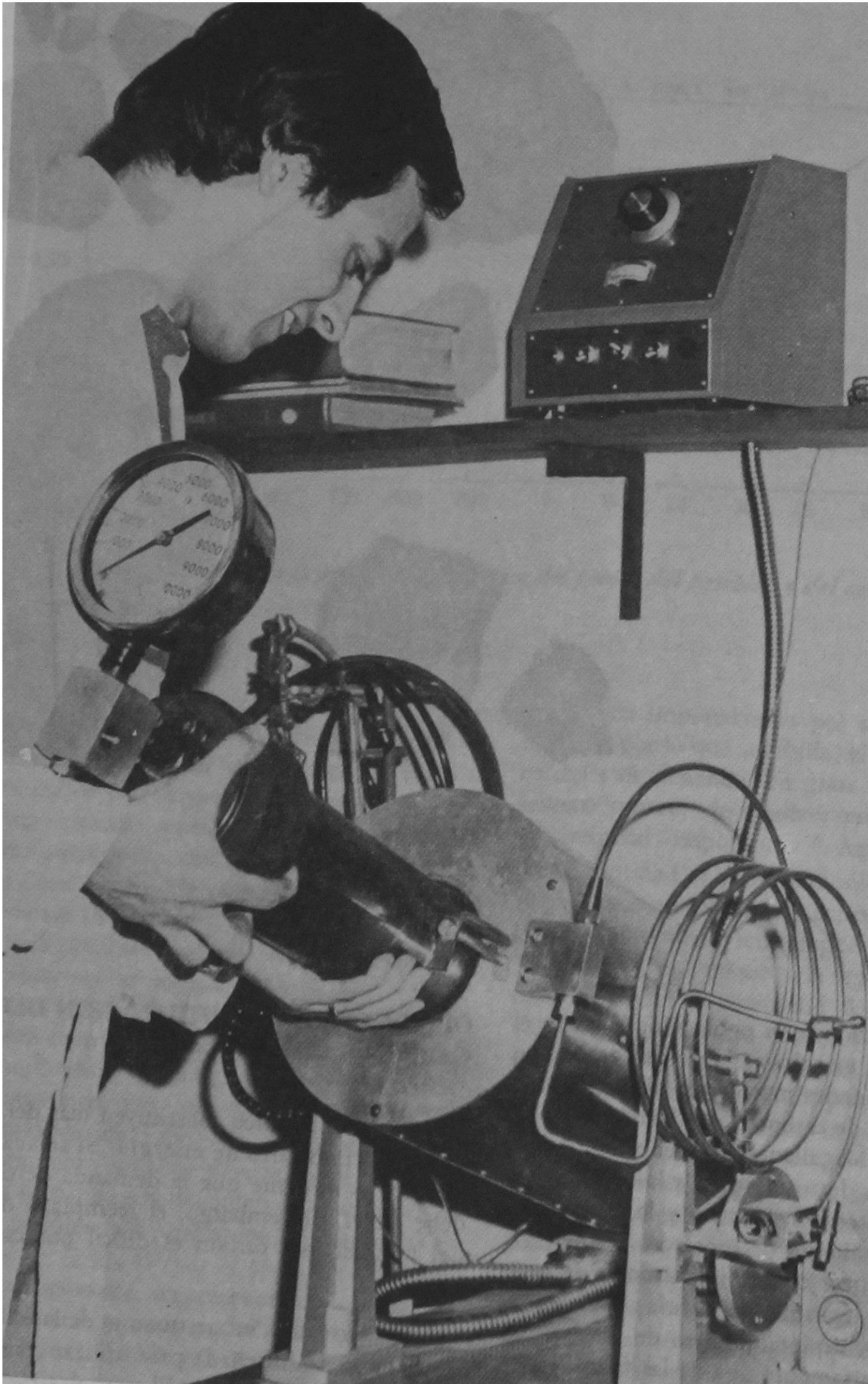


sumos domiciliarios de la población. Y como el país cuenta con grandes reservas de carbón, su empleo en cantidades mayores es obvio. De hecho, las reservas de carbones sub-bituminosos en la provincia de Magallanes son del orden de los 5.400 millones de toneladas; y las de la zona central-sur (Concepción-Arauco y la Unión) alcanzan a 500 millones de toneladas. Estos yacimientos están entre los más importantes de Latinoamérica y su desarrollo permitiría al país transformarse en un explotador neto de energía. El carbón será seguramente una de las fuentes más importantes de energía para el país en el futuro.

OPCIONES PARA LA UTILIZACION DEL CARBON

El carbón y el petróleo constituyen más del 75% del abastecimiento de energía. Si se acaba el petróleo es evidente que la demanda de carbón debe crecer. Sin embargo, el reemplazo directo del petróleo por carbón es difícil por cuanto:

1° Gran parte de la infraestructura de la industria nacional está diseñada para utilizar combustibles líquidos y gaseosos. El reemplazo no siem-



*Carga de
reactor a
presión de
licuefacción*

C A R B O N

pre es factible, sin mencionar el caso del transporte y la vivienda. En cualquier caso requiere de un costo alto para ser empleado, por cuanto se deben cambiar gran parte de los equipos y la mentalidad para su consumo.

2° El carbón, especialmente el nacional, es de bajo poder calorífico y tiene contenidos elevados de heteroátomos (azufre, nitrógeno, oxígeno, cenizas), lo que significa que su quemado directo, junto con ser técnicamente poco eficiente, acarrea importantes problemas de contaminación. Esto es importante en un país como Chile en que gran parte de la demanda de la energía se concentra en las zonas pobladas.

3° La industria química requiere de materias primas (hidrocarburos) que se derivan actualmente del petróleo y que deberán ser producidos a partir del carbón. La industria química es importante en Chile.

Por lo tanto, el método tradicional (quemado) debe ser mejorado y es necesario poner en práctica tecnologías para su transformación a combustibles líquidos y gaseosos.

LICUEFACCION

La licuefacción, es decir, la transformación de carbón en petróleo, es una alternativa importante

para la utilización del carbón en gran escala. Su factibilidad fue ampliamente demostrada durante la Segunda Guerra Mundial durante la cual numerosas plantas operaron en Alemania, Gran Bretaña, España, Checoslovaquia y la Unión Soviética. Un dato interesante: Alemania, a fines de la guerra, producía unos 40 millones de m. por año, a partir del carbón: o sea, como 8 veces nuestra demanda actual. Esas tecnologías forman la base de todos los procesos que actualmente están en etapa de desarrollo que, al incorporarse los avances tecnológicos, las hacen más eficientes.

La comparación de análisis de diferentes tipos de carbón con un petróleo (Tabla 1) indica que, hablando en términos generales, la transformación de carbón en petróleo significa aumentar el contenido de hidrógeno (la razón hidrógeno/carbón es 1,7 en un petróleo y 0,7-0,9 en los carbones) y la remoción de los elementos indeseables; o sea, el nitrógeno, oxígeno, azufre y las cenizas. En principio todos los productos que actualmente se obtienen del petróleo pueden ser obtenidos a partir del carbón. Un aspecto de consideración: el contenido de hidrógeno aumenta cuando la calidad del carbón decrece (por lo tanto, desde el punto de vista de la licuefacción, los carbones sub-bituminosos de Magallanes son más fáciles de licuar que, por ejemplo, los de Lota, que son del tipo bituminoso).

Tabla 1

COMPARACION DE LOS ANALISIS DE LOS CARBONES CON UN PETROLEO

	Contenido			% Peso			Razón
	C	H	O	S	N	Cenizas	H/C
Carbón bituminoso	73	5	4-9	0.5-4	1.5	4.0	0.75
Carbón Sub-bituminoso	71	5	16	0.5-6	1.5	6.0	0.80
Carbón tipo lignita	64	4.6	18	0.5-8	1.5	11.4	0.91
Petróleo	85.4	12.6	—	2.0	—	10 ⁻²	1.70



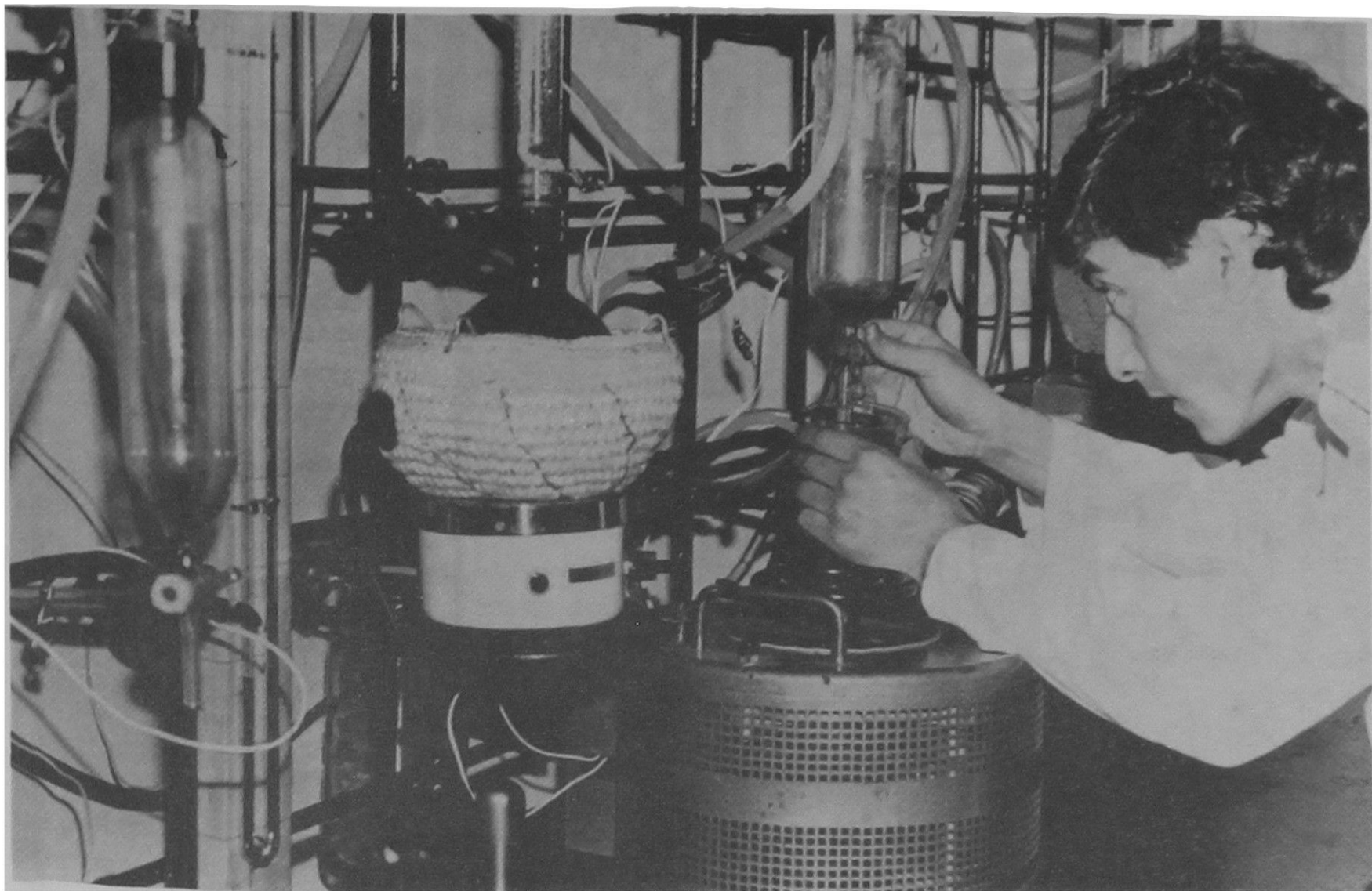
Carga de carbón en el reactor de licuefacción

DOS POSIBILIDADES

Hay actualmente muchos procesos en desarrollo y en aplicación industrial para la licuefacción del carbón. En principio, como lo muestra la Figura 1, hay dos posibilidades para convertir el carbón en hidrocarburos líquidos y gaseosos: la degradación del carbón y la ruta llamada de síntesis. La degradación significa la ruptura de las moléculas que forman el carbón dando lugar a la formación de moléculas simples de tipo benceno y sus derivados. Ello permite la obtención de lo que en la industria del petróleo se denominan aceites livianos y medianos. La ruta de la síntesis o también llamada gasificación, significa la completa disrupción del carbón formando un gas de síntesis (compuesto por monóxido de carbono e hidrógeno) el que se transforma posteriormente en hidrocarburos, alcoholes y otros productos valiosos, catalíticamente.

Hay muchas variantes en los procesos degradativos (o, como también se denomina, de hidrogenación directa). Todos estos procesos involucran una pirolisis del carbón (descomposición por tem-

peratura), pero es posible distinguir este proceso entre procesos de pirolisis propiamente tal y los de hidrogenación. Algunos procesos incorporan el empleo de solventes (que se derivan del carbón para aumentar los rendimientos; por ejemplo, si hacemos reaccionar carbón con un aceite de antraceno (derivado del mismo carbón), se puede disolver prácticamente un 95% del carbón. Esta etapa de disolución deriva en la formación de un crudo sintético de características físicas similares al petróleo, junto con permitir la formación de compuestos más livianos. Pero el procesamiento de estos crudos sintéticos presentan el mayor problema para la transformación a productos líquidos, ya que su composición química es radicalmente diferente a la del petróleo. Está compuesto por moléculas aromáticas (el natural es fundamentalmente parafinas), de varios anillos, que son muy difíciles de romper. Otro aspecto importante es el hecho de que esas moléculas son las que contienen la mayor parte de los heteroátomos (S, N, O y metales), los que contribuyen a la contaminación cuando se emplean como combustibles líquidos y quizás lo más importante,



*Destilación de los productos
obtenidos en el reactor de
licuefacción*

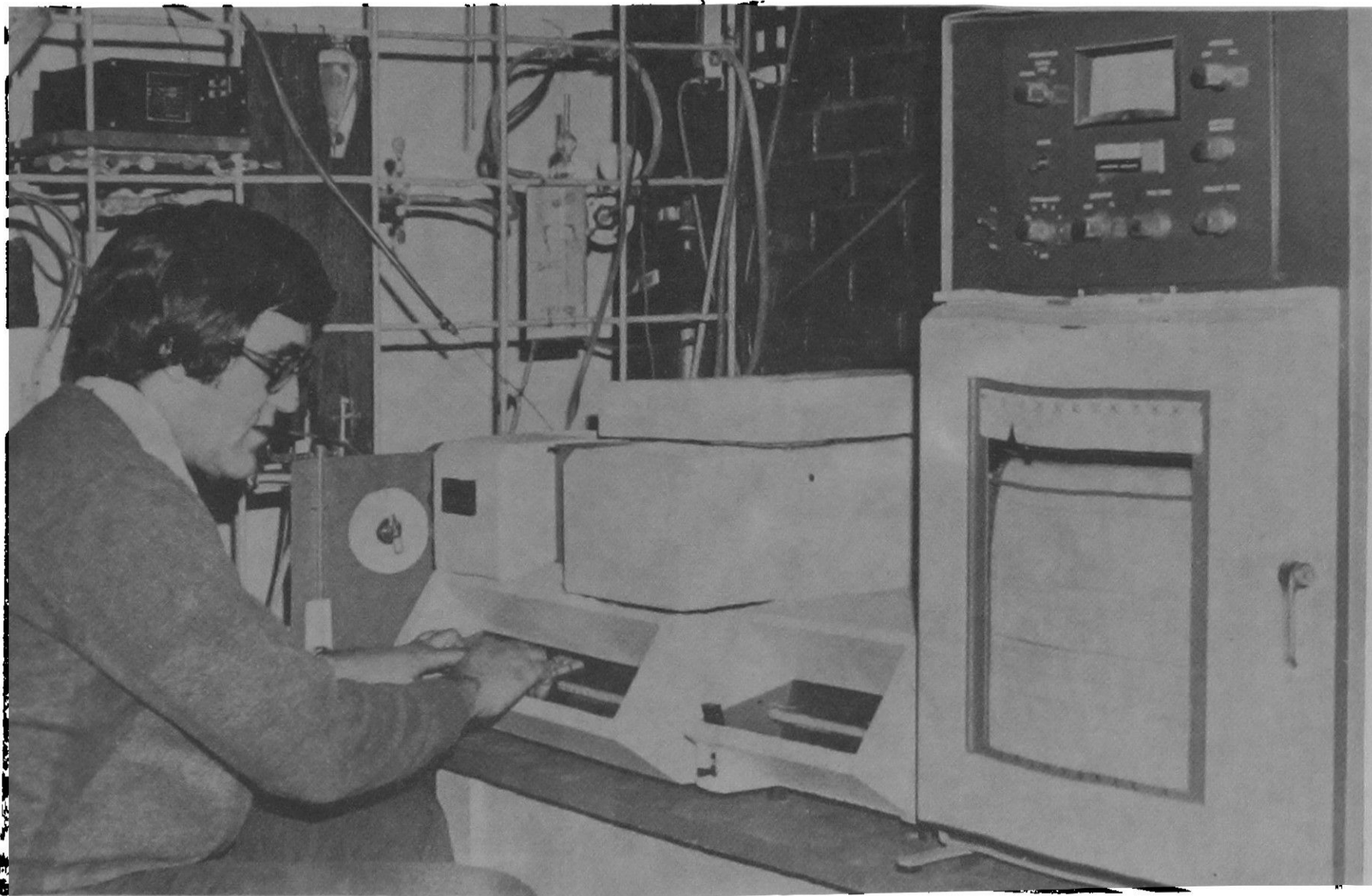
impiden el procesamiento de estos crudos sintéticos en las refinerías normales (petróleo natural), por cuanto envenenan (destruyen) los catalizadores que emplean las refinerías.

APLICACION ACTUAL

En principio ambas opciones están listas para ser utilizadas y, de hecho, lo están siendo. Hoy, Sudáfrica produce un 50% de sus combustibles a partir del carbón, y aun cuando se desconoce oficialmente el tipo de alternativa tecnológica que se emplea, se estima que se basa principalmente en la ruta de la gasificación. Sin embargo, ésta es menos eficiente que los degradativos por cuanto la formación del gas de síntesis es endotérmica (requiere energía), lo que encarece el costo. Países como Alemania y Gran Bretaña trabajan aceleradamente en la construcción de plantas a nivel industrial pequeño (que se denominan de demostración) para poner a punto las tecnologías. "Mi experiencia en Inglaterra —señala Ri-

cardo Badilla— fue interesante ya que, aun cuando ellos disponen de importantes reservas de petróleo en el Mar del Norte, están muy preocupados de tener todo listo para cuando se termine (alrededor de 1995). La situación en USA es conocida en la prensa. El Congreso Norteamericano acaba de aprobar un proyecto de 20.000 millones de dólares en un plan a 5 años.

Se estima que para 1988-90, un cuarto de la demanda de USA será a partir del carbón. Tanto la ruta de la gasificación como la de licuefacción son igualmente importantes, ya que éstas elaboran productos diferentes y, por lo tanto, deberán ser utilizadas en forma paralela. En efecto, como se aprecia en la Figura 1, la ruta de la gasificación produce fundamentalmente productos parafínicos, alcoholes y productos químicos específicos (dependiendo del tipo de proceso que se utilice para convertir el gas de síntesis) mientras que la ruta degradativa (licuefacción directa) produce aromáticos. Los combustibles para motores de explosión interna se caracterizan por una mezcla de parafinas, naftenos y aromáticos, con una cantidad sustancial de parafinas ramificadas, benceno,



Cromatógrafo: Análisis de productos producidos en el reactor de licuefacción.

tolueno y xileno. El combustible de aviación es altamente parafínico con un contenido máximo de aromáticos del 10% en volumen mientras que los combustibles del tipo diesel tienen parafinas lineales de alto peso molecular (tipo n-hexadecano). Los petróleos combustibles requieren de un contenido mínimo de hidrógeno del 11% en peso y bajos contenidos de azufre y nitrógeno a fin de evitar los problemas de la contaminación. Por lo tanto, es obvia la necesidad de utilizar ambas tecnologías para que el carbón sea la fuente futura de los combustibles y productos químicos que actualmente se emplean.

SITUACION EN LA FACULTAD

Desde hace algún tiempo a esta parte se han realizado en el Departamento de Tecnología Química interesantes investigaciones en el campo de la utilización del carbón como fuente alternativa de energía, al petróleo, bajo la dirección de los profesores Sergio Droguett y Roberto Muñoz. Los estudios se han centrado en la gasificación del

carbón con el objeto de obtener un gas natural sintético y la utilización de mezclas carbón-petróleo, como una forma de sustitución parcial de este último.

Se ha demostrado que la adición al carbón de compuestos inorgánicos, de bajo costo, aumenta significativamente la eficiencia de la gasificación, por cuanto permite la obtención, in situ, de cantidades significativas de metano. Los estudios de las mezclas carbón-petróleo han demostrado que su utilización en Chile es conveniente por cuanto permite por ejemplo, un ahorro de petróleo en los quemadores de los hornos en la industria del cobre. Con mi llegada —indicó Ricardo Badilla— hemos iniciado la investigación en el campo de la licuefacción directa, y en este momento tenemos estudios en marcha, con la colaboración del Químico Paulo Araya y la participación de memoristas para estudiar los rendimientos de los carbones nacionales en estos procesos.

RECURSOS DISPONIBLES

Naturalmente, el problema financiero es grave

para realizar investigaciones en Chile. Nuestro departamento cuenta con una infraestructura mínima para realizar este tipo de investigación pero es insuficiente para llevarla adelante en buena forma. Hemos contado con el apoyo de la Facultad para habilitar laboratorios y compra de equipos mínimos con los que actualmente estamos trabajando, pero nuestro objetivo es lograr apoyo externo a la Universidad a fin de acelerar el desarrollo de las investigaciones. Hemos iniciado contactos promisorios para lograr financiamiento y no dudamos de que estudios como los nuestros son de importancia fundamental para el desarrollo del país. En las naciones desarrolladas, un porcentaje muy grande del presupuesto de la investigación universitaria proviene de la industria; pero, desafortunadamente, esta situación no se repite en Chile. Es necesario que hagamos un gran esfuerzo para unir a la Universidad con la industria nacional. Por ejemplo, la industria podría financiar becas para estudiantes de postgrado (en el departamento de Tecnología Química se ha iniciado un programa de Magister en Ingeniería Química), que junto con entregar una capacitación a sus profesionales, la investigación que ellos realizaran le entregaría beneficios directos a la empresa. Por ejemplo, mi trabajo de Tesis fue financiado por el National Coal Board (la empresa del carbón inglesa), siendo la aplicación industrial del trabajo de propiedad de NCB. Por lo tanto, la Universidad, sin perder su carácter académico, está perfectamente capacitada para entregar su valiosísimo aporte al desarrollo industrial del país''.

COSTO DE LA TRANSFORMACION

Evidentemente los días gloriosos de la Energía barata han terminado. No hay nada más barato que el petróleo barato, por lo que sin lugar a dudas, debemos estar preparados a pagar un precio para la sustitución del petróleo. Naturalmente, la forma menos costosa de producir energía es el ahorro y todos los esfuerzos que se puedan hacer en este sentido son cruciales. Por ejemplo, en algunos países han bajado el límite de veloci-

dad en las carreteras, se fomenta el ahorro de la energía por parte de la industria mediante el otorgamiento de franquicias tributarias por mejoras en los procesos, etc. Pero los días del racionamiento de combustible no están lejos, especialmente si mantenemos los consumos actuales. Naturalmente, la solución del problema de la energía no se logrará por el camino de utilizar el carbón solamente y las formas no convencionales, tales como la energía solar, los procesos de fermentación de materiales orgánicos (el caso brasileño), la energía atómica, la hidráulica y los vientos son sumamente importantes para la solución integral del problema. Sin embargo, la industria química (plásticos, farmacéutica, fertilizantes, combustibles, etc.) es sumamente importante para la humanidad y, sin lugar a dudas, debemos elaborar estos productos. Por ejemplo, en Estados Unidos, un 70% del total de la energía que se requiere para producir trigo provienen del petróleo (y no del sol) por cuanto se necesitan los combustibles para la maquinaria agrícola, los fertilizantes, pesticidas, el transporte del grano desde la tierra al consumidor, etc. En el caso de la transformación del carbón, datos estimados del costo del proceso se muestran en la figura 2. En ella se indican los precios actuales del petróleo (alrededor de US\$ 30/barril) y los del carbón (alrededor de US\$ 80-100/tonelada). En los actuales niveles de precios del carbón y del petróleo la producción de gasolina, a partir del carbón es aproximadamente un 25% más cara. Pero esta situación seguramente no será estable, por cuanto el precio del petróleo es una gran incógnita. Si ignoramos los factores estratégicos para la economía del país, si el precio del barril de petróleo sube, por ejemplo, a valores mayores que 40 US\$/barril, y el precio del carbón no sube significativamente, esta situación favorecerá claramente la producción de petróleos sintéticos. Pero, estudios preliminares de la extracción de los carbones de la zona de Magallanes indican que su costo será significativamente menor que el de la zona de Lota (actualmente a US\$ 80-100/tn.). Y se habla de cifras del tipo 20-40 US\$/tonelada, lo que, de ser cierto, significa que la producción de hidrocarburos, a partir del carbón, en el caso chileno, se ve tremendamente atractiva.

NOTICIAS

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA QUIMICA

Los investigadores principales del Departamento de Tecnología Química han realizado investigaciones en el campo del aprovechamiento de los recursos carboníferos nacionales como fuentes de energía, hidrocarburos líquidos y gaseosos como alternativa del petróleo. Puntualizó Badilla que están realizando estudios de las mezclas carbón-petróleo quemado en reactores de lecho fluidizado, gasificación e hidrogenación directa; que ven la necesidad imperiosa de extender esos estudios hacia la caracterización sistemática de los carbones nacionales y el estudio de su comportamiento en los procesos para su conversión.

Si bien es cierto —señaló— que actualmente en el extranjero se realizan enormes esfuerzos para desarrollar los procesos de utilización y conversión del carbón, el hecho de que la eficiencia de la utilización de cualquier proceso específico depende en gran medida de las características específicas del carbón que se usa como materia prima, “nos entrega una gran responsabilidad por cuanto este tipo de estudios debe ser efectuado en Chile. Sólo así se tendrá información independiente que permita una correcta evaluación y selección de las tecnologías que posteriormente utilizaremos en nuestros carbones nacionales”

En estas investigaciones participan alumnos de la Facultad así como Memoristas en Ingeniería Química y alumnos del programa de Magister en Ingeniería Química, contribuyendo en forma importante en la preparación de profesionales en el empleo del carbón.

PARTICIPACION DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA

Además, se iniciarán estudios sobre la conversión del gas de síntesis a hidrocarburos y alcoholes, con la participación del Dr. Manuel Manríquez, del Departamento de Química de esta Facultad.
¿Cuál es el fin que se persigue?

Responde Ricardo Badilla: “A pesar de los grandes esfuerzos que se realizan en el exterior, las tecnologías para la conversión del carbón, desde el punto de vista científico, están perfectamente desarrolladas y comprendidas. Esto significa que los esfuerzos que se realizan están centrados fundamentalmente en el desarrollo de la ingeniería de los procesos que se deben emplear (selección de equipos, material de construcción de los equipos). Por lo tanto no se esperan resultados espectaculares desde el punto de vista de la tecnología. Lo que sí falta es la caracterización de los carbones, particularmente en países como el nuestro, a fin de determinar el rendimiento en los productos deseados cuando estas tecnologías se emplean utilizando nuestros recursos.

Este es el objetivo fundamental, desde el punto de vista aplicado de nuestras investigaciones. Por cuanto la selección de los procesos y la eficiencia de la transformación del carbón chileno depende fundamentalmente del tipo y características de la materia prima. Lo que permitirá a las empresas interesadas contar con datos para poder realizar los estudios de inversión y selección de tecnologías convenientemente