

ENERGÍA SOLAR Y SÍNTESIS DE COMBUSTIBLES (1980)

Arq. NORBERTO E. MEYER

Ing. NORBERTO F. KOTLIK

EN VISTA DE LAS RAZONES AMBIENTALES QUE LIMITAN LA UTILIZACIÓN; INDISCRIMINADA DE LOS HIDROCARBUROS COMO COMBUSTIBLE, SE DEBE IMITAR A LA NATURALEZA Y DESARROLLAR TÉCNICAS DE SÍNTESIS DE OTROS COMBUSTIBLES ECOLÓGICAMENTE INOCUOS.

Universidad de Mendoza
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Departamento de Investigación
Instituto de Investigaciones y Aplicaciones de Energía Solar
(IDIADES)

Es de prever, o al menos debería considerarse la posibilidad, de que la población de nuestro país pueda duplicarse en los próximos 50 años.

Este incremento poblacional estaría acompañado por un incremento proporcional de requerimiento energético.

La demanda de energía presentará un ritmo más acelerado que el de la población, si se tiene en cuenta la necesidad de levantar una industria capaz de satisfacer las crecientes exigencias internas de bienes cada vez más sofisticados y de exportar productos económicamente competitivos.

La situación actual permite prever también que, al efecto de lograr esa competitividad, la industria seguirá basándose en las actuales y aún baratas fuentes de energía.

De este modo, a medida que será cada vez más acuciante pasar al uso de fuentes de energía "alternativas", esto resultará cada vez más difícil y costoso.

El límite del periodo de adaptación se prevé próximo, en función de la actual política de crecimiento poblacional.

Es así posible prever una creciente escasez de combustibles líquidos y la consecuente necesidad de su síntesis para satisfacer esa demanda.

El futuro insumo de energía incluye una creciente demanda de combustibles, los que, en el mejor de los casos, teniendo en cuenta las medidas de conservación, podrán estabilizar la demanda sólo en un periodo limitado.

El umbral de ese periodo se alcanzará cuando ya no sea posible aumentar sus rendimientos ni reemplazarlos por la energía en otra forma económica, tal como la hidroelectricidad o la generada en centrales atómicas.

De las distintas formas en que la naturaleza nos ofrece su energía, únicamente los hidrocarburos y la biomasa son transformables, en forma más o menos directa, en combustibles utilizables.

De éstos, el petróleo y el gas natural constituyen un recurso no renovable, mientras que la biomasa presenta el problema de la gran superficie que requerirá su producción en cantidades apreciables.

En consecuencia, como parte de la problemática energética, se plantea la necesidad de transformar materia prima, abundante y barata, en combustible mediante energía atómica o solar, sin menoscabo de otras posibilidades (mareas, vientos, etc.)

El presente trabajo, elaborado en el "Instituto de Investigaciones y Aplicaciones de Energía Solar" (IDIADES) se limita a exponer las posibilidades de producir combustibles mediante el insumo de energía procedente del sol.

Este ensayo debe considerarse como preliminar, al efecto del estudio y selección de posibilidades de producción económicamente rentable de combustibles sintéticos, en base a una tecnología propia y acorde al potencial industrial de nuestro país.

Los aspectos considerados se refieren a la política sectorial, al rol del combustible, la relación entre energía solar y el almacenamiento energético, los procesos de síntesis termoquímicos, foto-químicos, electroquímicos, bioquímicos y procesos combinados con utilización de la helioenergía.

El aspecto político incluye varias consideraciones, de las cuales sólo mencionaremos aquellas que, a nuestro juicio, son las más significativas.

No por repetido deja de ser fundamental conservar el actual nivel de independencia energética.

Para el logro de esto, además del aprovechamiento masivo de los recursos hidroenergéticos y de la instalación de centrales

nucleares (todos ellos productores de electricidad) también debe asegurarse la satisfacción de la demanda de combustibles almacenados.

A este efecto, el Estado debe promover, oportuna y activamente, las investigaciones básicas y de aplicación requerida.

Un modo especialmente valioso de promoción de los desarrollos tecnológicos consiste en asegurar a la iniciativa privada la participación en la consecuente comercialización del producto.

Esta posibilidad debe ser considerada en función de que las materias primas requeridas para la síntesis de combustibles (tal como sucede con el acetileno) pueden obtenerse libre y abundantemente en el mercado nacional.

Dado que esto sería sustancialmente distinto a la situación actual, en la cual el Estado es propietario exclusivo de los cursos de agua, de los pozos de petróleo, así como de las minas de uranio y de carbón, se prevé que se deberá dar lugar, paulatinamente, a una situación de participación de la actividad privada a un nivel de competitividad.

Es probable que el costo del petróleo y los combustibles derivados seguirán aumentando y que, mientras tanto, 'los costos de producción de los otros combustibles sintéticos disminuirán hasta tanto estos últimos competirán económicamente con los primeros.

La excepción, en relación al costo y precio de los combustibles naturales podría constituirlo el metano de origen no biológico, por cuanto existen razones para suponer que, a grandes profundidades, éste podría estar disponible en grandes cantidades.

Aun cuando esto fuese así, el metano no cumple con todos los requerimientos, por lo que constituiría la base para sintetizar, por ejemplo, combustibles líquidos.

Volviendo a las consideraciones económicas, debe tenerse presente que, en el corto plazo, los combustibles que puedan sintetizarse no serán económicamente rentables, pero que, a mayor plazo, sería aún más costoso si no se inicia la construcción de instalaciones que permitan el desarrollo de la técnica y la adquisición de experiencia práctica, por ejemplo, la alconafta.

Se insiste en interesar a la actividad privada en ello, brindándole la seguridad de la futura obtención de razonables beneficios.

Existen una serie de casos en que la energía en forma de combustible es irremplazable, otros en los que simplemente es preferible y, en último término, casos en que no ofrecen ventajas o, pudieran ser reemplazados ventajosamente.

Aun así, todos estos forman parte de un sistema estructurado a nivel mundial, incluyendo el de distribución de combustibles, que involucra inversiones multimillonarias.

Es así que se prevé, como más probable, que la generación se adapte a ese sistema y no que éste deba adaptarse a aquélla.

Como se verá a continuación, la síntesis de combustibles con la intervención de la energía solar, se relaciona directamente con la temática de las centrales helioenergéticas y con la necesidad asociada del almacenamiento de la energía así captada.

Las centrales de generación del orden de los Megavatt, deberían ser sustancialmente diferentes a los sistemas de producción a escala reducida.

Para resaltar la diferencia, se señalan primero las características de estos últimos sistemas, y luego las de las centrales mayores.

En todos los casos, la intermitencia de la radiación solar determina la necesidad de almacenamiento de la energía producida, al efecto de su disponibilidad a cualquier hora del día y ante todo tipo de condiciones atmosféricas.

Para el caso de generación de baja potencia y uso en localizaciones remotas, ya en la actualidad resulta económica la utilización de células fotovoltaicas.

Una de las principales ventajas de la generación fotovoltaica radica en que el sistema puede diseñarse sin partes móviles (sin seguimiento), hecho que garantiza largos períodos sin necesidad de mantenimiento especializado.¹

Para la generación fotovoltaica caben, entre otros, las siguientes posibilidades.-

- Paneles fotovoltaicos fijos sin concentración.
- Concentradores fluorescentes estáticos, donde la luz incidente sobre una placa transparente, se refracta internamente e incide finalmente en forma concentrada sobre células fotovoltaicas colocadas en los bordes de la placa.
- Concentradores estáticos de apertura limitada (concentradores fotovoltaicos óptimos).

Este último diseño combina un concentrador de "extensión óptima" (tipo Winston), con células bifaciales sumergidas en un medio de elevado índice de refracción.

Para este caso (baja potencia), resulta ventajoso y conveniente que el sistema de almacenamiento participe de la ya mencionada

(1) LUQUE, Antonio, "Concentración fotovoltaica", Mundo Electrónico N° 95, Barcelona, mayo 1980.

característica de no contar con partes móviles, ni medios auxiliares externos, ni de algún tipo de aprovisionamiento más o menos frecuente.

En la actualidad existen baterías de almacenamiento electroquímico que cumplen con los mencionados requerimientos.

Para el caso de futuras centrales helioenergéticas de alta potencia pueden hacerse las siguientes consideraciones:

- La energía lumínica debería convertirse en un único paso al estado en que es posible su almacenamiento.
- Ese estado de la energía almacenada debería coincidir con alguno de los estados en que la energía es requerida por el usuario.
- El estado energético de almacenamiento debería permitir su transporte sin grandes pérdidas.

La radiación electromagnética (radiación solar) puede convertirse fácilmente en energía eléctrica, química o térmica.

La energía puede ser "almacenada" en cualquiera de estos tres estados (lográndose esto en circuitos superconductivos para el primer caso).

Para el transporte a largas distancias, la energía química resulta más económica que la eléctrica, mientras que la térmica, como calor sensible, es la que arroja las mayores pérdidas.

Existen diversos métodos en los que un compuesto químico libera calor (tal como sucede durante el apagado de la cal viva) luego de lo cual el nuevo compuesto así obtenido se transporta hasta una planta en donde es reciclado, para ser nuevamente transportado hacia donde es requerido el calor.

En última instancia, esto no es más que otro ejemplo del transporte de la energía en forma química.

En consecuencia, puede afirmarse que las alternativas prácticas del transporte de la energía se reducen a las formas eléctrica y química.

Se considera que ambas opciones no son excluyentes; de tal manera que el esquema del sistema integrado resultante es el siguiente:

- La luz solar transforma directamente algún compuesto químico a un estado en el que es capaz de liberar energía.
- El elemento o compuesto químico así obtenido se almacena directamente en ese estado, en un recipiente apropiado.
- De acuerdo a los requerimientos, la energía "almacenada" químicamente se comercializa en ese estado, o bien se con-

vierte directamente en corriente eléctrica (por ejemplo a través de una celda de combustible).

Resta ahora definir la forma química más adecuada de la energía.

Las características de tal fluido "químico ideal" serían:

- Su producción debería ser posible a partir de materia prima abundante y barata;
- Su transporte debería permitir su uso de tal modo que no se requiera su reciclado,-
- Su consumo sería de tal modo que no afecte negativamente al medio ambiente.

Al presente efecto, los combustibles sintetizables de interés son los hidruros moleculares, es decir, compuestos que contienen hidrógeno.

El hidrógeno es, en sí mismo, un excelente combustible, el cual al quemarse con oxígeno libera 34.000 Kcal por Kg.

El H₂ es también una materia prima de alto requerimiento industrial, puede almacenarse a presión, licuado, en forma de hidruros metálicos, e incluso en forma de compuestos, tales como el amoníaco y la hidracina.

El hidrógeno es inodoro e incoloro, su llama es invisible y, mezclado con el aire en el que se encuentra en pequeñas proporciones, es altamente explosivo.

Estas características indican la necesidad de tomar precauciones tales como las aplicadas con éxito por la industria.

Por otro lado, como subproducto de la oxidación del hidrógeno, solo se obtiene agua o sea, un elemento no contaminante.

Esta combustión puede producirse incluso a través de un catalizador poroso a baja temperatura.

Cabe agregar que el hidrógeno puede ser utilizado directamente por centrales energéticas tradicionales o de celdas de combustible con rendimientos, en este último caso, de cerca del 60%.

Con otros elementos el hidrógeno forma hidruros metálicos, iónicos y moleculares.

Entre los últimos se encuentran los hidrocarburos y los compuestos nitrogenados.

Entre los hidrocarburos se pueden mencionar combustibles gaseosos, tales como el metano, el propano y el butano, siendo ejemplos de combustibles líquidos los alcoholes, las naftas, etc.

La variedad de características que presentan estos combustibles permite seleccionar a aquellos que se adecúan a los requerimientos más diversos.

El problema más serio que presentan los hidrocarburos es que su combustión produce anhídrido carbónico.

Este compuesto, producido en grandes cantidades y liberado a la atmósfera determinaría, a través del llamado efecto de invernadero, un incremento paulatino' de la temperatura atmosférica media, con consecuencias climáticas impredecibles.

A los compuestos nitrogenados pertenecen el amoníaco y la hidracina.

Durante la combustión con aire ambos combustibles se descomponen liberando hidrógeno, el que se oxida a agua, produciéndose además nitrógeno molecular y algo de óxido nítrico en proporciones insignificantes.

Esto se debe a que el nitrógeno es relativamente inerte y requiere de altas temperaturas para producir cantidades apreciables de óxido nítrico.

Una ventaja del amoníaco reside en que almacena hidrógeno con una alta densidad, ya que un volumen de nitrógeno y tres de hidrógeno producen dos volúmenes de amoníaco y, además es fácilmente licuable.

Una desventaja importante, para el caso de la hidracina, radica en su elevada inestabilidad, hecho que involucra un riesgo apreciable.

Como se observa, cada combustible específico presenta ventajas y desventajas, las que eventualmente deberán evaluarse en función de su costo de síntesis y de los valores cuantitativos involucrados.

Quizás el combustible que más se aproxima al "ideal", lo constituye el hidrógeno, limpio, almacenable, ampliamente disponible, pero que, aún entre los técnicos, produce aprensión debido a lo que se ha dado en llamar el "síndrome de Hindenburg".

Los combustibles que se mencionaron, se sintetizan todos a partir de hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno y energía.

Algunos de los posibles modos de obtención de estos insumos son los siguientes:

— Hidrógeno.

En el presente contexto, salvo una excepción específica, no se hace referencia a la obtención de hidrógeno a partir de los hidrocarburos, por cuanto el objetivo del trabajo incluye justamente su síntesis.

Un método electroquímico consiste en la electrólisis del agua, lo cual, a baja temperatura, presenta rendimientos relativamente bajos.

La electrólisis del agua es una reacción endotérmica, reduciéndose notablemente el insumo de energía total utilizando vapor, el cual puede ser provisto fácilmente con sistemas solares con concentración.²

A medida que aumenta la temperatura y presión del vapor de agua disminuye el requerimiento de energía eléctrica.

Tanto es así, que el agua se descompone espontáneamente en H₂ y O₂ a partir de los 250°C.

Dentro de esa gama, la energía solar puede captarse sucesivamente en fosas solares, colectores planos, tubos al vacío, concentradores sin seguimiento, concentradores lineales, parabólicos y sistemas en torre.

Existe una diversidad de técnicas termoquímicas para producir hidrógeno, tales como:

- 1) El de hacer pasar vapor a alta temperatura sobre carbón de coque al rojo;
- 2) Combinando vapor con monóxido de carbono obtenido por la combustión directa e incompleta del carbón en las minas,-
- 3) Los denominados ciclos del yoduro,
- 4) Del sulfuro de hierro, etc.

Al efecto de la ejemplificación, solamente se detallarán dos procedimientos. Uno de ellos podría presentar la siguiente secuencia.

Las aguas negras y los residuos orgánicos de una ciudad podrían utilizarse para cultivar algas, las cuales, mediante digestión anaeróbica, producirán metano y anhídrido carbónico.

Con el auxilio de la energía solar se podría producir la siguiente reacción³:

$3\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \text{-----} 4\text{CO} + 8\text{H}_2$ y como de

Ø

$3\text{Nm}^3(\text{CH}_4)$ se pueden obtener 26700 Kcal y de

$4\text{Nm}^3(\text{CO}) + 8\text{Nm}^3(\text{H}_2)$ se obtiene 34.260 Kcal, resulta que con ayuda de la energía solar, se puede incrementar el poder calorífico del combustible original en casi un 30%.

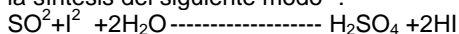
(2) Actas, Aprovechamiento de la energía solar y eólica, Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. San Miguel, Argentina, abril 1978. —Enciclopedia de tecnología química, UTEHA, México, 1961.

(3) Tomo 5, pág. 600

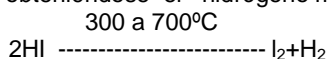
Es también posible modificar el proceso de fabricación de ácido sulfúrico para obtener hidrógeno como subproducto.

Normalmente se oxida el azufre hasta obtener trióxido de azufre, el cual al combinarse con agua, produce ácido sulfúrico.

Haciendo participar en este proceso el yodo, se puede dirigir la síntesis del siguiente modo ⁴:



El ácido sulfúrico así obtenido se puede comercializar directamente, obteniéndose el hidrógeno molecular según:



El yodo así obtenido se vuelve a recircular.

Las temperaturas que requiere este proceso, pueden obtenerse fácilmente concentrando la luz solar.

Dado que el ácido sulfúrico es requerido por la industria y como se obtendría un mol de hidrógeno por cada mol de ácido, se observa que este proceso podría satisfacer sustancialmente la demanda de hidrógeno.

Un proceso que merece atención especial es el que se logra utilizando la bipyridina de Rutenio (sustancia fotoactiva) para reducir, a través de la bipyridina de Rodio, una metilamina, liberándose H_2 ⁷.

Si bien, en este caso, el costo de la amina insumida, hace que el proceso pueda no ser económicamente interesante, representa un excelente ejemplo de que es posible imitar los procesos fotosintéticos naturales, mereciendo esto la máxima atención.

Un método bioquímico de producción de H_2 consistiría en fijar a las membranas de los cloroplastos Vegetales (sistemas que incluyen las clorofilas) las hidrogenasas bacterianas (enzimas, es decir proteínas con capacidad catalítica) que pueden orientar la fotosíntesis hacia la producción de hidrógeno⁷.

Haciendo participar un transportador de electrones, la ferredoxina, se habrá obtenido un sistema capaz de disociar el agua para así obtener hidrógeno molecular.

Un hecho que eventualmente pudiera aprovecharse, es que las asociaciones de la bacteria Rhizobium, fijadora del nitrógeno del aire, con las leguminosas, producen hidrógeno.

-Enciclopedia de tecnología química, UTEHA, México, 1961.

(4) Tomo 2, pág. 1002

(7) LE COURRIER DU CNRS, Spécial soleil, Paris, Juin 1979.

En este contexto se cita⁸ que los cultivos de soja de los EE.UU. producen anualmente hidrógeno en una cantidad equivalente (en energía) a 8.500.000.000 m³ de gas natural.

Asimismo, las algas azules pueden fijar nitrógeno a la vez que liberan hidrógeno.

Finalmente, existen también sistemas mixtos para la producción de hidrógeno, tal como la utilización de celdas fotovoltaicas, donde el dopado de una de sus caras se logra a través del contacto con un electrolito apropiado, el cual idealmente, debería disociarse liberando hidrógeno.

— Carbono, monóxido y dióxido de carbono.

Otra de las materias primas requerida para la obtención sintética de combustibles es el carbono.

Este puede utilizarse en cualquiera de las siguientes formas: carbones naturales y carbón oxidado a monóxido o a anhídrido carbónico.

Los carbones naturales fósiles en una clasificación amplia son: antracita, hulla, lignito y turba, los que se obtienen por los métodos conocidos de explotación.

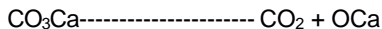
El carbón de leña puede alcanzar un rol de cierta importancia si su explotación se tecnifica aprovechando los subproductos de la madera.

El monóxido de carbono se obtiene de la combustión incompleta del carbón, por ejemplo de la combustión parcial del carbón en las minas.

El CO₂ se obtiene de la combustión completa de carbono.

Algunas fuentes de CO₂ son:

- 1) los desechos naturales de grandes fábricas.
- 2) en la fabricación de cal, ya que la piedra caliza se encuentra¹ en cantidades tan enormes, que hace que éste sea un tema digno de futuras investigaciones.



- 3) de las profundidades marinas donde existe CO₂ disuelto en agua a altas presiones, y que se libera al ser bombeado hacia la superficie.

(8) BRILL, Winston, J., "Fijación biológica de nitrógeno". Investigación y Ciencia N° 8, Barcelona, mayo 1979.

—Nitrógeno y oxígeno.

El nitrógeno se extrae del aire combinando carbono con el oxígeno del mismo, o destilando el nitrógeno a partir del aire licuado.

También cabe mencionar como materia prima el oxígeno, el cual forma parte de muchos hidrocarburos.

Si bien el oxígeno puede obtenerse en forma molecular al mismo tiempo que se obtiene el hidrógeno o el nitrógeno (el oxígeno obtenido al disociar el agua y destilando el aire licuado), el oxígeno se utiliza generalmente formando ya parte de otras materias primas tales como el CO y el CO₂.

—Metano no biológico.

Entre las materias primas, siempre y cuando se comprueben ciertas teorías, podría contarse el metano de origen no biológico.

Existe un conjunto de indicios que permiten inferir que a grandes profundidades existirían cantidades sumamente importantes de gas natural⁹.

Entre esos indicios se pueden citar:

- Emanaciones de volcanes, los que a menudo contienen metano, amoníaco e hidrógeno molecular.
- La correlación existente entre las importantes zonas ricas en petróleo y gas, con las zonas de mayor actividad sísmica.
- Que los hidrocarburos constituyen la mayor parte de las moléculas provistas de carbono del sistema solar.
- La existencia de llamas que suelen salir del suelo durante un terremoto, etc.

Si las futuras técnicas de perforación a gran profundidad permiten hallar efectivamente el CH₄, éste constituiría una enorme fuente de materia prima barata a partir de la cual se podría sintetizar combustibles del tipo tradicional.

Como materia prima cabe citar asimismo la biomasa, ya sea vegetal, el cultivo de algas, el agua servida y la basura urbana y, porque no, el cultivo de microorganismos, ya que algunas de éstas (el hongo llamado *Torula Utilis*, por ejemplo), se multiplican de 1 Kg. a 1.000 Kg. en "40" horas si se las provee de suficiente cantidad de materia alimenticia.

—Energía Solar.

Finalmente, los distintos procesos, tanto de obtención de materia prima, como de síntesis de combustibles, requieren de energía.

(9) GOLD, Thomas y SOTER, Steven, "La hipótesis del gas de las profundidades terrestres", Investigación y ciencia N° 47, Barcelona, agosto, 1980.

Una de las principales fuentes de energía renovable es el sol.

La densidad de la radiación solar fuera de la atmósfera se denomina constante solar y es de 1353 W/m^2 o sea 1164 Kcal/m^2 .

La combinación de la radiación directa y difusa que alcanza la superficie de la tierra, varía según su proximidad al ecuador, pudiendo decirse, a un efecto nemotécnico, que equivale a 1 Kw/m^2 .

Teniendo presente que la captación de calor puede lograrse con un rendimiento apreciable, aproximadamente un 70%, se evidencia que el sol es una fuente de energía realmente significativa.

En cuanto a las temperaturas que se pueden lograr, cabe recordar que, si bien el interior del sol se encuentra a varios millones de grados, su temperatura superficial equivale al de un cuerpo negro a 5700°C .

Dado que, por razones físicas, la temperatura que en tierra puede lograrse a través de la concentración de la radiación solar, no puede superar ese valor, puede fijarse como límite práctico los 5000°C .

Temperaturas dentro de ese orden de magnitud (4500°C), ya se han logrado en Odeillo (Francia).

Las técnicas para lograr temperaturas entre 100°C y los valores arriba indicados, existen, pero son actualmente caras.

Esos costos elevados, sin embargo, no se deben a dificultades de fondo sino exclusivamente a la falta de una economía de escala, hecho que para temperaturas hasta unos 800°C , se modificará sustancialmente a plazo relativamente corto.

Comenzando a hablar de los procesos de síntesis de combustibles propiamente dicho, cabe resaltar que la obtención de hidrógeno molecular puede considerarse dentro de estos procesos, por cuanto aquél, además de materia prima constituye de por sí un excelente combustible.

Los combustibles del tipo de los hidrocarburos pueden obtenerse en diversas formas y a partir de diversas materias primas, tales como el gas natural y el carbón.

Por otra parte, la síntesis de hidrocarburos ocupa un caso particular, en virtud de que muchos de los procesos de síntesis son exotérmicos, es decir, desprenden calor.

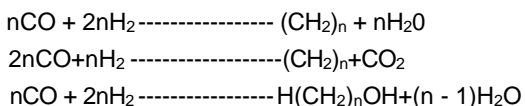
En otras palabras, la demanda de energía (solar en nuestro caso) se destinaría principalmente a la producción de la materia prima requerida para la síntesis.

Sobre la síntesis de hidrocarburos existe una amplia información, constituyendo éste un sector de rápido desarrollo, por lo que

no se profundizará en el tema e indicándose únicamente unos cuantos aspectos que confirman el promisorio futuro de éste.

Aunque no exactamente económico, hace años que ya existen instalaciones que transforman el gas natural en un combustible líquido según procesos denominados "Synthol" (Fischer-Tropsch), "Hy-drocol", etc.

Por ejemplo, la síntesis tipo Fischer, aun cuando no se conozca en detalle, incluye las siguientes ecuaciones ⁹:



Es decir, que se obtiene agua, dióxido de carbono, hidrocarburos y alcohol.

En la actualidad, un nuevo proceso denominado MTG (Methanol to gasoline) de la Mobil ha sido seleccionado como económicamente más competitivo para ser instalado en Nueva Zelanda.

A grandes rasgos, en éste el gas natural se transforma primero en metanol y éste a su vez en gasolina de alto octanaje.

Existen asimismo diversos procesos para licuar carbón.

Quizás el más simple, pero que por ahora sólo se plantea como posibilidad, consistiría en mezclar metanol con carbón finamente molido para transportar a éste por cañería.

En base a las investigaciones realizadas, existen razones para creer que, durante el transporte, parte del carbón sería disuelto por el metanol, transformándose así un combustible sólido de bajo valor en un valioso combustible líquido.

Según otro proceso desarrollado en Estocolmo, el carbón finamente molido, simplemente se mezcla con agua y diversos productos químicos, los que convierten el carbón en un gel e impiden su asentamiento.

También se cuenta entre los procesos más económicos para licuar el carbón, el denominado de carbón solvente refinado.

Si bien estos y otros procesos requieren energía, la radiación solar se insume en forma más directa cuando ésta se utiliza, por ejemplo, en forma de calor.

Un proceso interesante consiste en la obtención de "petróleo" a partir de las aguas servidas de una ciudad ¹⁰.

—Enciclopedia de tecnología química, XJTEHA, México, 1961

(5) Tomo 6, pág. 606.

(10) "Ol und Kohle aus K'.arschlamm", Deutscher Forschungsdienst, son-derheft., angewandte Wissenschaft, Auslandsausgabe 9/80, Forchungs-dienst GmbH, september 1980.

En esencia, la síntesis consiste en reproducir en tres horas, lo que a la naturaleza le ha llevado millones de años.

Para ello se toma el barro obtenido en las plantas de tratamiento de aguas cloacales y se las seca, en nuestro caso, con energía solar.

A continuación se somete esta materia a una temperatura entre 180 y 320°C, con lo cual y con ayuda de un catalizador especial, se desprende azufre, oxígeno y nitrógeno.

Al cabo de tres horas se ha obtenido:

- Una fracción gaseosa la que, además de hidrocarburos, contiene amoníaco y dióxido de carbono;
- Un aceite muy similar al petróleo natural, el cual permite su combustión total;
- Un carbón de poder calórico pobre.

La energía requerida en esta etapa del proceso es de menos del 15% de la energía que puede obtenerse de la combustión de los productos obtenidos.

Aparte de su implicancia para la problemática energética cabe resaltar que el proceso permite utilizar aquellos barros que por su alto contenido en metales pesados venenosos, no permite su utilización como fertilizantes.

Incluso se podría integrar este proceso con el aprovechamiento de los residuos radiactivos de las centrales atómicas^u.

El agua obtenida durante la primera parte del proceso aún no es biológicamente inocua.

Los residuos radiactivos procedentes de las centrales atómicas se separan en la fracción que es fuente de radiación gamma (un tipo de rayos X), y en aquella que es fuente de neutrones.

De este modo, la fracción a eliminar, y que de otro modo habría permanecido radiactiva durante miles de años, alcanzará un nivel de seguridad en sólo 50 años.

La fracción de los isótopos fuente de rayos gamma, se utiliza para irradiar y esterilizar el agua, sin que en ésta quede radiactividad remanente.

De este modo, el agua tratada queda en condiciones de ser destinada directamente al consumo humano.

También se ha logrado abaratar sustancialmente la producción de otros combustibles, tales como los alcoholes.

(11) "Continuum" OMNI, p. 39, EE.UU., september 1980.

Por ejemplo, la firma Krupp ha logrado reducir de 5 a 2,5 Kg. la demanda de vapor requerida para la producción de un litro de alcohol.

Este vapor puede ser producido sin problemas con concentradores solares.

En relación a la producción de alcohol, cabe mencionar que, por ejemplo.-

La caña de azúcar transforma hasta el 6% de la energía solar que recibe.

El bagaso de esta planta puede transformarse en etanol.

Este proceso actualmente se realiza con la participación de dos tipos de microorganismos.

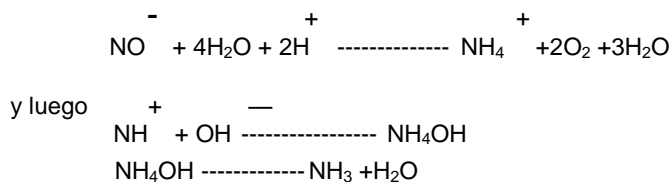
Uno de ellos convierte las células de la biomasa en glucosa, y otro convierte a ésta en alcohol.

Ya se estudian técnicas de recombinación del D.N.A. (ácido desoxirribonucleico) para producir microorganismos que combina las actividades de ambos, hecho que permitirá simplificar y abaratar notablemente el proceso¹².

Quizás, uno de los procesos de síntesis, en los que el sol participaría en forma más directa, es la producción de amoníaco por parte de las algas verdeazuladas¹³.

Ya en 1920, se descubrió que células verdes del alga *Chlorella*, suspendidas en una solución de nitrato (sin añadir anhídrido carbónico), reducen nitrato a amoníaco con desprendimiento de oxígeno.

Luego se halló la siguiente cadena lineal de reducción fotosintética del nitrógeno:



Para iniciar este proceso, la luz fotoliza el agua produciendo protones, oxígeno y electrones, siendo elevados estos últimos hasta el nivel de la ferredoxina, la cual los cede al ion nitrato, reduciéndolo.

Lo interesante es que las partículas de las algas verdeazuladas

(12) McAULIFFE, Kathleen y Sharon, "The gene trust", EE.UU., march, 1980.

(13) LOSADA, Manuel, "Los distintos tipos de Fotosíntesis y su regulación". Investigación y Ciencia Nº 7, Barcelona, abril 1977.

fotorreducen el nitrato a amoníaco en condiciones aeróbicas y sin necesidad de otros aditamentos.

El rendimiento de la fotorreducción del nitrato es de aproximadamente 13%.

Como insumo se requiere en nitrógeno aproximadamente un 8% de las algas que se produciría.

El nitrógeno puede ser provisto directamente en forma de ácido nítrico, el cual en el agua disocia en ion nitrato e ión hidrógeno.

Normalmente el ácido nítrico se fabrica a partir del amoníaco, lo que en el presente caso no tiene sentido.

En consecuencia, ese ácido debería obtenerse de otro modo, por ejemplo por el método desarrollado por la Wisconsin Alumni Research Foundation y la Food Machinery and Chemical Corporation.

El proceso consiste en la oxidación del nitrógeno por el oxígeno (aire) a 2035°C con la participación de intercambiadores de calor.

La técnica, razonablemente rentable como método de producción de ácido nítrico prácticamente puro, puede llegar a más de un dos por ciento de monóxido de nitrógeno en condiciones óptimas.

Para completar el proceso, el NO se sigue oxidando catalíticamente, hidrolizándose luego para obtener el ácido.

La temperatura de más de 2000°C requerida, puede obtenerse del sol, pero cabe comparar esta técnica, que sólo constituye un paso en la obtención del amoníaco, con la circunstancia de que a 2500 C el agua puede disociarse directamente para obtener hidrógeno molecular.

Quizás el camino más interesante a investigar es el de la fijación directa del nitrógeno molecular que realiza una de las especies de las algas verdeazuladas⁶.

El último paso de obtención del amoníaco sintetizado, consiste en su extracción de las algas, habiéndose propuesto la modificación de la secuencia de ADN de células vivas, de tal modo que éstas produzcan un exceso de amoníaco, excretándolo al medio ambiente, del cual se lo obtendría por filtración.

En cuanto a la utilización del amoníaco como combustible, cabe citar la siguiente propuesta:

Las actuales celdas de combustible amoníaco-aire, reforman el amoníaco utilizando realmente el hidrógeno como combustible.

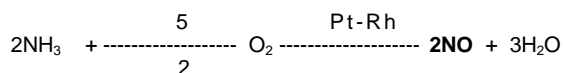
886.

En este caso los productos del funcionamiento de estas celdas son, además de electricidad, nitrógeno molecular y agua.

Lo que aquí se propone requiere una celda que produzca corriente eléctrica, monóxido de nitrógeno y agua.

Una reacción que realmente da este resultado, corresponde a la primera parte de la producción industrial del ácido nítrico a partir del amoníaco.

En el proceso Ostwald, el amoníaco se quema en un catalizador de platino rodio según la reacción:



Esta oxidación puede considerarse como un cortocircuito a nivel atómico.

Lo que se busca es el diseño de una celda de combustible en la que esta reacción se realiza con producción de corriente eléctrica y sin desprendimiento de calor. Ya fuera de la celda el **NO** continuaría oxidándose espontáneamente siendo hidrolizado luego.

El ácido nítrico así obtenido proveería los iones nitrato que serían utilizados por las algas para la síntesis del amoníaco, cerrándose así el circuito.

Es este un sistema ambientalmente limpio, puesto que los únicos productos "residuales" son agua y oxígeno.

Asimismo es potencialmente económico, ya que la parte que requiere cierta sofisticación tecnológica se reduce a las celdas de combustible, las que actualmente se investigan ampliamente.

De acuerdo a lo hasta aquí planteado, es nuestra intención verter las siguientes conclusiones:

Desde el punto de vista de la investigación es dable aceptar que el desarrollo de la fabricación sintética de compuestos de carbón e hidrógeno, alcanzará a nivel mundial, un gran desarrollo y una razonable competitividad económica.

Es indudable que estos compuestos se utilizarán y serán una solución en el mediano plazo.

Aun así, sería redundante concentrar la investigación en esos procesos, si bien se los debe seguir de cerca en cuanto a desarrollo y "know how" a nivel de implementación.

Todo esto no debe hacernos olvidar que la combustión de estos elementos producen siempre anhídrido carbónico y su utilización permanente, por el efecto de invernadero hará aumentar peligrosamente la temperatura de la atmósfera terrestre.

Una conclusión es que necesariamente se debe mantener la combustión de hidrocarburo dentro de un umbral estricto e inversamente limitante en relación al crecimiento poblacional.

De allí que el investigar y desarrollar combustibles como el H_2 , que sólo produce "agua", son muy interesantes.

Aunque ya lo dijimos, queremos recalcar que, en lo posible, las distintas alternativas de síntesis de combustible deben tratar de respetar la infraestructura ya existente en nuestro país, es decir, que es conveniente introducir solamente pequeñas modificaciones (por ejemplo, adaptar el motor de un automóvil de combustible líquido a gaseoso).

Dentro de los combustibles gaseosos posiblemente el hidrógeno sea el más recomendable de estudiar, y uno de sus mejores portadores es el amoníaco.

Si bien estamos acostumbrados a llevar en un auto normalmente 20 ó 30 litros de nafta de alto octanaje, el "síndrome del Hindenburg" nos hace producir un rechazo al hidrógeno por considerarlo mucho más peligroso que otro combustible, a pesar de que la tecnología actual permite manipularlo con idéntico nivel de riesgo.

Si bien no se propone transformar la actual economía basada en los hidrocarburos por otra basada casi exclusivamente en el H_2 , (lo que ya dijimos que es posible), se observa que la gran mayoría de los procesos de síntesis requieren H_2 por lo que se considera importante poner énfasis en la producción de este elemento.

En el contexto mundial de investigaciones se nota una falencia o una reducida (aunque creciente) inquietud en relación a la producción de combustibles alternativos a los hidrocarburos, existiendo campos y métodos a desarrollar dentro de la bioingeniería que podrían aportar las respuestas buscadas.

Algunos microorganismos, como los hongos y las bacterias pueden considerarse como fábricas sintetizadoras en miniatura y a las cuales el hombre está en condiciones de "programar".

Este enfoque quizá sea el más prometedor al largo plazo, ya que, aparte de su enorme potencial, su investigación no requiere de erogaciones excesivas ni equipamientos voluminosos.

En resumen, las limitaciones inherentes a la captación y utilización de la energía solar "gratuita", implica soluciones que van más

allá de simples respuestas sectoriales, pudiendo integrarse al total de la problemática energética, a un nivel cualitativo y cuantitativamente más significativo de lo que se ha supuesto hasta ahora.

Este conjunto de circunstancias hace posible que nuestros investigadores aún pueden ser pioneros en la actual coyuntura energética, ofreciendo soluciones simples, potencialmente económicas y ecológicamente sanas.

Combustible	Principales insumos	Temas y procesos a investigar	Uso a investigar
H ₂ , obtenido según el proceso modificado de obtención del ácido sulfúrico con la intervención del yodo.	Energía Solar Agua Azufre	Termoquímica con concentración de radiación solar Evaluación de proyectos (técnico-económica)	Recopilación de información. Análisis de posibilidades de usos en nuestro medio
Amoniaco	Energía Solar Algas verde-azuladas Hidrógeno Nitrato	Bioquímicos Selección de cepas. Clonado Ingeniería genética Evaluación de proyectos (técnico-económica)	Como combustibles de uso domiciliario y en motores de combustión Recopilación de información en relación a otros usos (celdas de combustible, fuente de hidrógeno, etc.)

Programa del IDIADES para futuras investigaciones dentro de la temática desarrollada.