

# Palencia y sus fuentes de energía

Por Juliana-Luisa González Hurtado



Excmos. e Ilmos. Sres.

Sres. Académicos.

Sras. y Sres.

Agradezco a la Institución "Tello Téllez de Meneses" el honor que me hace eligiéndome para ocupar un puesto entre sus prestigiosos miembros. Mi agradecimiento a las autoridades y asistentes a este acto.

Quizás rompiendo un poco la tradición, no voy a hablarles del pasado ni siquiera del presente de Palencia; sino de su futuro. En otras palabras, no voy a intentar exponerles exhaustivamente las fuentes de energía existentes en nuestra provincia, sino que me voy a limitar, casi exclusivamente, a una fuente de energía que los palentinos aún no hemos empezado a usar, pero que, no sólo está ocupando un lugar muy importante en la ciencia, sino que, además, podría cambiar de una manera muy importante la vida de nuestra provincia.

Para ello, necesito estrenar una profesión que se encuentra a medio camino entre la investigación, a que me dediqué hace años, y la enseñanza, a la que me dedico actualmente. Pero un acto tal de valentía necesita una justificación.

En realidad todo ello ha sido provocado por un sincero deseo de aportar un pequeño grano de arena, primero, para evitar que Palencia languidezca lentamente, como hace años languideció su Universidad, y, segundo, para instaurar las bases de un control democrático que asegure una industrialización, de nuestra provincia, verdaderamente humana y racional.

Pero es necesario explicar qué relación existe entre estos descos y la divulgación científica.

Hace unos quince años, C. Snow publicó un libro que titulaba *Las dos culturas*. En aquellos tiempos este libro dio lugar a un gran debate. En él, C. Snow se asombraba del foso, cada vez mayor, que existía entre literatos y científicos. Y es que la ciencia había adquirido una existencia independiente de la sociedad. En el siglo XVIII, la ciencia y los descubrimientos por ella hechos, eran conocidos y discutidos por todas las personas que se consideraban cultas. (Recuerden al abate Nollet realizando, en cualquier Salón de la Alta Sociedad, experiencias sobre la electricidad de los cuerpos o las discusiones de Galileo con sus contrincantes.) A finales del siglo XIX, las manifestaciones de la ciencia son más espectaculares y se hacen accesibles a un mayor público. La inauguración, en 1884, del nuevo Planetario en el Palacio del Descubrimiento en París es una ilustración. Sin embargo, entre este público y el que se maravillaba de las experiencias del abate Nollet hay una gran diferencia. En los salones del siglo XVIII, las personas se conocían entre sí, hacían preguntas, discutían las experiencias, imaginaban nuevos dispositivos, etc. La ciencia se hacía acoger en los lugares donde evolucionaba la élite social. A finales del siglo XIX, es la ciencia la que acoge al público. Los asistentes al acto no hablan. El Planetario recibe sus visitantes, venidos a asistir al espectáculo de la Ciencia y la Verdad, cuya puesta en escena está regulada por las observaciones y los cálculos de los astrónomos, considerados, casi, como seres superiores. Después la ciencia se hace aún más complicada y más hermética. Surge, como decía C. Snow, la escisión de la cultura en dos partes: la humanística y la científica.

El mundo confía en esta casta separada de hombres, a los que cree con poder suficiente para resolver todos los problemas humanos.

C. Snow en el libro, a que he aludido, preconizaba, no obstante, un acuerdo cada vez más armonioso entre la cultura científica y la humanística, es decir, un retorno al estado primitivo de la Humanidad, por medio de una introducción general de la ciencia en todas las formas de pensamiento y de actividad práctica. En efecto, ¿no está la ciencia, actualmente, extendida por todas partes? Ella adorna con su jerga las conversaciones más populares: se habla de la biodegradación de los detergentes, de las calorías aportadas por cada alimento, de su contenido en

proteínas, grasas, vitaminas, etc. La presencia de la ciencia se hace sentir también en nuestros gestos más cotidianos: girar un interruptor, poner en funcionamiento un coche, hablar a una persona situada a miles de kilómetros, etc., la existencia de estos efectos tan banales depende, sin embargo, de la utilización de medios gigantescos, cuya racionalidad se nos escapa casi completamente.

En el mismo sentido, R. Mater, en la apertura del coloquio "Ciencia y Síntesis", organizado por la UNESCO en 1955, dijo: "Las respuestas de la ciencia no deben ser presentadas ni recibidas como los oráculos de una casta separada de hombres, sino como el resultado de los trabajos de una colectividad cada vez más abierta y numerosa, a la cual todos pueden, o mejor, en la cual todos deben participar, aunque sólo sea intentando comprender sus respuestas. Con esta condición, la ciencia puede llegar a ser para todos, lo que es por vocación: una cultura."

Pero para que todos puedan alcanzar esta cultura y puedan participar en el proceso científico, se hace necesaria una divulgación. Según el Diccionario de la Lengua Española, divulgar es "publicar, extender, poner al alcance del público una cosa".

La divulgación científica, tal como la conocemos y sentimos necesaria ahora, surge, quizás, en 1945, fecha en que la Humanidad empieza a despertar de su místico éxtasis ante el espectáculo de la Ciencia, que antes consideraba fuente de todo bien y que, entonces, observa puede ser también fuente de muertes y enfermedades. La Humanidad advierte que la ciencia ha dejado de ser libre y universal. La principal característica de la naciente divulgación deber ser, precisamente, la que se considera ha perdido la ciencia: su no adscripción a ningún credo político o religioso.

La divulgación no tiene por finalidad formar especialistas, sino asegurar a la ciencia una presencia en la cultura general de las gentes. La Humanidad ha aprendido que los conocimientos científicos son producto del espíritu humano cuyos efectos, buenos o malos, se hacen sentir en todas las áreas de la actividad social, y, que si la cultura es lo que permite al hombre pensar en la realidad en la cual vive y, a través de ella, modificarla, la ciencia debería tener un lugar privilegiado.

Sin duda ninguna el progreso de la ciencia y de la técnica permiten esperar una liberación cada vez más completa del indi-

viduo. Nos libera de las sujeciones engendradas por los trabajos pesados; nos hace ganar tiempo; nos permite acceder a una vida más fácil y confortable. Pero este efecto de liberación del individuo es ambiguo. Por un lado, somos efectivamente más libres de hacer no importa qué; pero, por otro, esta libertad depende de un conjunto de conocimientos científicos y técnicos cada vez más alejados y complicados. Dependemos, material y psicológicamente, del saber de los otros: los especialistas. ¿No recuerda esto a la dependencia del hechicero, en las tribus antiguas?

La divulgación se ofrece, pues, como la operación que debe aligerar esta dependencia, invitándonos a saber un poco más sobre el mundo, los otros y la manera cómo vivimos. Ella quiere hacernos comprender los mecanismos de nuestra liberación progresiva y, sobre todo, como ya se ha insinuado, instaurar las bases para un posible control democrático de estos mecanismos.

De otra forma, aceptada la divulgación científica como medio de completar la cultura del hombre, vamos a intentar buscar en la ciencia lo que hay de aportación de nuevos elementos, críticos y valorativos, para el pensar y repensar en el planteamiento de los problemas fundamentales del hombre palentino en sociedad.

Creo que uno de los problemas fundamentales de la provincia de Palencia es el lento morir de sus pueblos, que quedan vacíos. Soy consciente de lo complicado que es el problema; de la cantidad de factores, de todo tipo, que, entrelazados, han provocado esta emigración. Pero en muy distintos informes y ponencias en los que se ha estudiado este problema, he leído que los objetivos o una de las conclusiones aceptadas era la necesidad de elevar el nivel de vida de los habitantes de estas regiones. Puesto que ello llevaría un mayor consumo de energía para usos domésticos e industriales, he considerado tema de necesaria divulgación el de la energía; y ello, principalmente, porque los científicos dicen haber aprendido a usar una fuente de energía que podría cambiar dramáticamente la suerte de zonas rurales, con las características que tiene la provincia de Palencia.

## **FUENTES DE ENERGÍA CONVENCIONALES**

La mayor parte de la energía que ha usado la Humanidad y usan los palentinos procede de la energía almacenada en los combustibles fósiles: carbón y petróleo. La energía almacenada en

estos combustibles se transforma en calor por combustión; calor que puede usarse para calefacción, cocinas, obtención de agua caliente, para mover motores y, en último extremo, para obtener electricidad, la forma de energía que, por ahora, resulta más cómoda para el consumidor.

En la provincia de Palencia, según datos recogidos del IV Pleno del Consejo Económico-Social Sindical, el carbón constituye el sector más importante y se encuentra situado al Norte.

“La cuenca es continuación de la de León, correspondiéndose ambas con la cuenca de la otra vertiente de la cordillera cantábrica de Asturias. La zona de antracita, al noroeste de la provincia, se extiende desde el límite de la provincia de León hasta Cervera de Pisuerga, explotándose una serie de menas comprendidas en una estrecha faja limitada al Norte por montañas de calizas carboníferas y al Sur por terrenos modernos que corren a través de los términos municipales de Velilla del Río Carrión, Guardo, Santibáñez de la Peña, Castrejón de la Peña y Dehesa de Montejo, y, más al norte, en la zona de la Pernía, San Salvador de Cantamuga y Redondo.

La zona contiene de diez a doce capas de antracita de calidad variable y de potencia útil hasta de un metro. Sus reservas se calculan en 85 millones de toneladas seguras y 20 probables.

La zona hullera se localiza al noreste de la provincia, en los términos municipales de Barruelo de Santullán, Brañosa, San Cebrián de Mudá y Celada de Robledo. La componen dos paquetes de capas, separadas por una zona estéril de 500 m. El primer paquete consta de tres capas y el segundo de nueve y en potencia útil hasta de un metro. Sus reservas se calculan en 75 millones de toneladas seguras y 50 probables.

El carbón extraído se usa para fundiciones, distintas industrias (cerámicas, textiles, papelcras, químicas, etc.), para uso doméstico y en una proporción muy elevada (más del 60%) para las Centrales Termoeléctricas.”

En una Central Termoeléctrica, como la de Velilla del Río Carrión, se quema carbón y el calor desprendido en su combustión se utiliza para obtener vapor de agua a una determinada presión y temperatura; este vapor de agua mueve una turbina, es decir, la energía térmica se transforma en energía mecánica. Por último, esta energía mecánica pasa a eléctrica por el fenómeno de inducción, descubierto por Faraday.

Según el principio fundamental de la conservación de la energía o Primer Principio de la Termodinámica, la energía ni se crea ni se destruye, únicamente se transforma. En una Central Termoeléctrica, la energía contenida en el carbón se transforma, primero, en energía térmica, después en energía mecánica y, por último, en energía eléctrica, sin que en ningún caso tenga lugar una creación o destrucción de energía. No obstante, la energía eléctrica obtenida al final es menor que la energía que contenía el carbón quemado, debido a las limitaciones impuestas por el rendimiento de los procesos utilizados y, en el caso de la transformación de la energía térmica en energía mecánica, por el Segundo Principio de la Termodinámica. Según este Principio, para que el calor pueda transformarse en trabajo es necesaria la existencia de un foco a temperatura más alta (hogar) y un foco a temperatura más baja (refrigerante), y sólo puede transformarse en energía mecánica la energía térmica que entra en juego al pasar el sistema del hogar al refrigerante. De otra forma, para transformar la energía térmica en energía mecánica es necesario una diferencia de temperaturas, y no hay posibilidad de aprovechar la energía que posee el foco menos caliente. Esta energía térmica debe de enviarse a la atmósfera, a un lago o a un río.

De aquí la polución térmica producida por todas las centrales de este tipo y las centrales nucleares, en las cuales en lugar de quemarse carbón se "quema" uranio. La descarga de desechos calóricos, procedentes de fábricas y centrales de energía, calienta en tal grado el agua de ríos y lagos, que la eutroficación y la muerte subsiguiente de toda vida acuática, llega a ser un problema familiar.

Además de esta polución térmica, que últimamente está adquiriendo gran importancia, hay que añadir la polución atmosférica, más conocida. Esta polución se debe a que en la combustión del petróleo y del carbón se producen monóxido y dióxido de carbono, cenizas, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso, que deben ser descargados a la atmósfera. En las centrales nucleares, y a medida que este método de obtención de energía se hace más importante, también deben ser tenidas en cuenta las cenizas o desechos nucleares.

Aunque ésta no es, ni mucho menos, la crítica que puede esgrimirse contra la tecnología de hoy, hablo de ella en primer lugar porque es, con mucho, la más común, y claro está, es incuestionablemente correcta.



En cuanto a los combustibles líquidos (petróleo), no es probable que se encuentren en la provincia de Palencia grandes yacimientos. Sin embargo, según datos proporcionados por el Departamento correspondiente de Sindicatos, el consumo provincial de este combustible ha aumentado considerablemente en los últimos años.

Al hablar del consumo de productos petrolíferos, hay que resaltar la importancia que en la provincia tiene la fabricación de polietileno, tan útil para el empaquetado de productos alimenticios y que absorbe gran cantidad de petróleo. Ustedes recordarán cómo los tenderos explicaban al ama de casa que ya no podrían dar sus productos en bolsas de plástico, porque "los árabes no nos vendían petróleo".

A este respecto, el Shah de Irán, uno de los auténticos "reyes del petróleo", en unas declaraciones hechas a finales de 1972 a la prensa de Viena dijo: "La capacidad de explotación del petróleo del Irán se explota al máximo. Los vendedores de todas partes intentan obtener más petróleo a cualquier precio. Opino que debe aumentarse el precio del petróleo para obtener dos fines: establecer una relación justa entre los precios del petróleo y de bienes industriales, por un lado, y, por otro, demostrar al mundo que el petróleo es demasiado precioso y caro para que se emplee en calefacciones y automóviles. Debería reservarse para la industria petroquímica. Para las demás formas de empleo, que se haga uso de otras energías. Así las reservas de petróleo en vez de durar treinta años durarían trescientos." En efecto, la sociedad industrial actual depende del petróleo. Es una civilización, una cultura, un progreso petrolero. Basta decir que el petróleo es materia prima para la obtención de más de 80.000 productos, entre los que se encuentran medicamentos, detergentes, cosméticos, etc., etc.

No se me escapa lo difícil y, al mismo tiempo, inadecuado que resulta limitar el problema energético a nuestra provincia. A este convencimiento se debe el que haya limitado al máximo, casi hasta lo inverosímil, los datos numéricos.

Pero voy a aceptar que el balance energético de nuestra provincia sea, actualmente, positivo, es decir, que consumamos menos energía de la que producimos y que, por lo tanto, podamos permitirnos el lujo de exportar energía a las provincias limítrofes. Sin embargo, se me ocurre insinuar que no consumimos todo lo que

debemos; que no todos los palentinos gozan de las comodidades que ofrece la vida moderna; que no hemos llegado a la "energía per cápita" de una sociedad desarrollada. En un país frío, como es el de Palencia, no todos los hogares poseen calefacción y agua caliente, y, si aumenta el número de industrias, el de tractores y automóviles, sin duda ninguna nos faltará energía; el balance será, entonces, negativo.

Decir que el balance será negativo es simplificar excesivamente el problema. Una crítica que se hace contra la tecnología moderna se refiere a la utilización de los recursos naturales (Conclusiones del Club de Roma). Nuestra tecnología es esencialmente, en el sentido de los países industrializados, una tecnología consumidora, que arranca de la tierra minerales que han tardado millares de años en acumularse y los agota en unos cuantos siglos. No se trata de no consumir recursos minerales, sino de consumirlos más sensatamente y de forma que su escasez no sea un fantasma que nos siga a todas partes. En este contexto, como señalaría cualquier economista competente, la cuestión de "límites" al crecimiento o al consumo no es de interés capital. Lo que ocurre es que a medida que los recursos se van haciendo más escasos, es preciso utilizar, cada vez más, las reservas de calidad más pobre, a las que es más difícil llegar. Mucho antes, pues, de que un recurso desaparezca, se desencadena una crisis económica, cuando el coste de obtención de este producto comienza a ser igual a la utilidad de adquirirlo. Así, por ejemplo, pronto llegará el momento, si nos empeñamos en utilizar sólo las fuentes de energía convencionales, en que la energía para obtener fertilizantes y mover los tractores sea superior a la energía proporcionada por el cultivo en cuestión.

Las Centrales Nucleares se espera que puedan cubrir la demanda a gran escala y a largo plazo. Pero, dejando a un lado otros aspectos ampliamente discutidos en periódicos, revistas y libros de todo tipo, por una parte, las menas nucleares llegarán a agotarse alguna vez, y, por otra parte, no existen en la provincia de Palencia ni importantes yacimientos nucleares, ni tecnología apropiada para usar dicha fuente de energía.

Además de las indicadas, los palentinos usamos mucho una fuente de energía que he preferido no considerar hasta ahora

porque carece de los defectos apuntados. Me refiero a la hidráulica, prácticamente inagotable, puesto que siempre lloverá en alguna época del año. Mientras que el carbón y el petróleo se queman y no es posible recuperarlos, la energía potencial que posee el agua de un pantano, por ejemplo, se recupera nuevamente mediante un ciclo de todos conocido. El agua se evapora y forma las nubes, que dan lugar a la lluvia, que al caer vuelve a llenar el pantano. De esta forma, la energía potencial perdida por el agua y transformada en energía eléctrica en la Central, se recupera y el ciclo puede volver a repetirse. Además, en el aprovechamiento de la energía hidráulica no surgen los problemas de contaminación que se presentan con el carbón y el petróleo.

Quien recuerde el principio de conservación de la energía se preguntará: ¿Quién es, en último extremo, el que proporciona al agua la energía potencial que se ha transformado en energía eléctrica? La respuesta es fácil: El Sol al producir la evaporación del agua y formar las nubes.

Siguiendo el mismo razonamiento, cabría preguntar, también, quién ha proporcionado al carbón o al petróleo la energía que poseen. La respuesta es la misma: El Sol, pero, en este caso, ha necesitado para ello millones de años.

No es extraño que los científicos hayan pensado en la posibilidad de aprovechar la energía de esta fuente primaria e inagotable.

## **ENERGIA SOLAR**

Actualmente, los procedimientos más importantes para aprovechar la energía, que el Sol nos envía diariamente, pueden agruparse en los siguientes:

- 1.—Captadores solares, con y sin concentración
- 2.—Sistemas fotoeléctricos
- 3.—Sistemas termoiónicos
- 4.—Sistemas químicos y/o biológicos.

Voy a dar un resumen de cada uno de ellos y finalmente expondré de qué manera, pienso, pueden incidir estos conocimientos científicos en la vida de nuestra provincia.

## **Captadores solares**

Denominamos captadores solares a los dispositivos que nos sirven para “captar”, recoger, la energía enviada por el Sol.

Los podemos dividir en dos categorías principales: captadores en los que no tiene lugar una concentración apreciable de los rayos solares o energía solar, y captadores que realizan una elevada concentración.

### **a.—Captadores sin concentración apreciable**

En el caso de captación sin concentración se aplica un principio llamado “efecto de invernadero”, que, conocido desde antiguo, utiliza la propiedad, que posee el vidrio y algunos materiales plásticos, de ser transparentes a las radiaciones de pequeña longitud de onda que transportan la casi totalidad de la energía emitida por el Sol y, sin embargo, son prácticamente opacos a las radiaciones infrarrojas de longitud de onda superior a 4 micras y que son las radiaciones que emite un cuerpo a temperaturas que oscilan entre cero y algunos cientos de grados centígrados. De esta forma, la energía queda como atrapada en el dispositivo. Este es el fundamento del clásico invernadero.

El aparato puede estar constituido por un receptor ennegrecido, colocado en el fondo de un recipiente, cuidadosamente calorifugado, y cuya parte superior está protegida por uno o dos vidrios o láminas de plástico.

La primera y más sencilla aplicación práctica de este tipo de captadores solares es la obtención de agua caliente para usos domésticos.

En Israel se han popularizado mucho este tipo de captadores, que se ven por todas partes, principalmente, en las casas de campo. El más usado es de 4 m<sup>2</sup>. Consta de una plancha metálica, absorbente del calor y con ondulaciones verticales. Las ondulaciones contienen tubos por los que circula el agua. La más fría se halla en la parte inferior, debido a su mayor densidad, y la más caliente en la superior. De allí va al depósito. Este tipo de colectores solares está fijo. Se colocan mirando al Sur y con una inclinación de 45°.

En Japón se están vendiendo este tipo de captadores desde hace 40 años, pues resultan más baratos que los alimentados con otros combustibles. Se calcula en más de dos millones y medio el número de calentadores solares instalados en 1970. (En el tejado de la Universidad de Keio existe, para cubrir las necesidades de esta Universidad, un calentador de hierro galvanizado de 66 m<sup>2</sup>.)

En la India, los Profs. Gupta y Gary han realizado numerosas investigaciones para establecer el diseño más adecuado. Así en 1967 describen un modelo, calculado por computador, para pronosticar el rendimiento térmico de un calentador de agua solar a base de circulación termosifónica, entre el colector y el depósito aislado. Ensayaron distintos tipos de colectores, relaciones longitud/anchura del absorbedor, altura/diámetro del depósito, diámetros de tuberías, etc. Y en 1971, por sólo citar dos de los numerosos trabajos realizados por estos investigadores en el campo de la energía solar y sus aplicaciones, publican en la revista *Solar Energy* un artículo que informa sobre los detalles de diseño de un heliocalentador de agua adecuado para satisfacer las grandes e intermitentes demandas de agua caliente en hospitales y paradores. El aparato, diseñado para lograr la máxima eficacia en las condiciones que prevalecen en la India, consta de una serie de colectores planos, tipo caja, de  $1,20 \times 0,75$  ó  $1,83 \times 0,75$  m. (Estas medidas se deben a las planchas de metal existentes en el mercado y permiten un fácil manejo por dos personas.) Estos pueden ser asociados de distintas maneras y Gary demuestra experimentalmente que la disposición en paralelo es la que proporciona la máxima eficacia y economía.

En Estados Unidos, donde desde 1972 se ha intensificado el estudio de las distintas maneras de aprovechar la energía solar en un intento de aborrrar al máximo los combustibles convencionales, se proponen sistemas heliocalentadores de agua colectivos a cargo de una Compañía que distribuye el agua caliente como se distribuye el gas o la electricidad. En este proyecto se encuentran grandes ventajas y un ahorro considerable. Se ha llevado a la práctica en grupos de casas nuevas, construidas en el Sur de California.

Del mismo tipo son los captadores de energía solar para su utilización en las calefacciones domésticas. El agua caliente, o bien se deja correr por los radiadores de las habitaciones, o sirve

para calentar aire, que por conductos especiales se envía a las distintas dependencias. También se ha pensado en calentar directamente el aire en el captador, e incluso un fluido cualquiera que después se utilizaría para calentar, mediante un intercambiador, el agua o el aire. En general, se supone que puede ser usado un sistema de distribución análogo al asociado con los sistemas de calefacción convencionales.

La utilización de la energía solar para calefacción doméstica ha sido objeto de numerosas investigaciones. No intentaré evaluar aquí todos los estudios realizados, sino tan sólo resumir las conclusiones más importantes a que se ha llegado.

Aun cuando es imposible un estudio económico válido para cualquier parte del mundo, pues el rendimiento del sistema depende en gran medida de las características climatológicas de la zona en cuestión y del precio de los sistemas de calefacción convencionales, es decir, del precio del carbón o petróleo, la mayor parte de los ingenieros, por no decir todos, están de acuerdo en que el sistema será más viable económicamente si se integra dentro de la estructura de la casa.

En Estados Unidos, Canadá y Australia se han dado nuevas legislaciones, obligando en zonas de estos países a construir las viviendas teniendo en cuenta la aplicación de los paneles solares.

La National Science Foundation contrató a tres Compañías (la Westinghouse, la General Electric y otra) para que realizasen, primero, un estudio del mercado potencial con que contaría la fabricación, en masa, de aparatos destinados a utilizar domésticamente la energía solar y, después, para que diseñasen los aparatos. Actualmente se piensa que la comercialización de la energía solar para su utilización en las calefacciones cubrirá, en el caso de la ciudad de Washington, un 70% de sus necesidades, usándose sistemas tradicionales para el restante 30%.

Sin embargo, algunas firmas comerciales prefieren fabricar paneles solares, análogos a los utilizados para la obtención de agua caliente; estos paneles pueden ser colocados en las terrazas de las casas construidas según normas anteriores.

Mémediante este tipo de paneles, la Compañía italo-española "Patentes Simplex" está ensayando proporcionar calefacción a una casa de 24 viviendas situada en Cuarte de Huerva, a unos 8 kms. de Zaragoza. El precio dado por esta Sociedad es de 350.000 ptas.

la instalación para una vivienda de 100 m<sup>2</sup>. Dicen que el ahorro energético es del 40 al 60%.

En Francia, en Perpignan, existe una Casa (Société Filtration e Depuration) que construye, ya en serie, paneles captadores, con sus correspondientes depósitos de almacenamiento de calor. El precio dado es de unas 500.000 ptas., toda la instalación completa para una vivienda de 100 m<sup>2</sup>. Garantizan la calefacción y el agua caliente.

El Instituto Alemán de Técnica Energética de Stuttgart ha construido un colector de 50 m<sup>2</sup>, formado por planchas de aluminio asfaltadas, horizontales, colocadas casi al nivel del suelo. El agua circula por debajo y puede llegar a 95°C. Los ahorros logrados han estimulado al Instituto a construir un colector de 300 × 500 m, para un municipio de 3.000 habitantes.

Puesto que la energía solar es intermitente, se han diseñado muchos dispositivos para su almacenamiento y uso cuando el cielo está nublado. Unos ensayan sistemas de almacenamiento tales como empleo de grava, para almacenar el calor durante el día y liberarlo durante la noche.

En 1940, la Dra. Maria Telkes sugirió hacer uso del calor de fusión de distintas sales como medio para almacenar calor; este método es aún bastante usado. Ustedes saben que para que un cuerpo se funda es necesario suministrar una determinada cantidad de calor (calor latente de fusión), y que este calor se cede, al ambiente, cuando la temperatura desciende por debajo de la de fusión, y el cuerpo solidifica. Siguiendo esta línea de acción, Baranov, por ejemplo, sugiere el empleo de óxidos metálicos para almacenar energía solar a elevada temperatura, y Meinel emplea el calor de fusión de determinados eutécticos.

Otros, por el contrario, consideran que es más económico incorporar un calentador auxiliar, para salvar cualquier contingencia. Este calentador, empezará a funcionar, automáticamente, cuando la temperatura del agua descienda por debajo de un valor crítico.

En la Universidad Metodista de Dallas, en el Departamento de Ingeniería Mecánica, se ha estudiado la posibilidad de aumentar la eficacia del Colector y las temperaturas alcanzadas, usando un vacío moderado para evitar las pérdidas por convección. Indican que ello no crea problemas especiales.

En octubre del año en curso, Philips anunció que, en cola-

boración con RWE, Essen, y el Ministerio de Investigación de Alemania Federal, había construido una casa experimental en los terrenos que posee en Aachen. En ella, todo el sistema de calefacción, refrigeración y agua caliente funciona utilizando energía solar. Para ello usa una batería de colectores solares de 20 m<sup>2</sup>, integrada en el tejado de la casa. Estos colectores constan de tubos de material altamente conductor, colocados dentro de otros tubos de vidrio o plástico en los que se hace un vacío moderado. La Casa Philips señala que en la construcción de estos colectores solares ha tenido en cuenta los extensos conocimientos adquiridos en la construcción de las lámparas de sodio a baja presión, e indica que consigue eficacias bastante por encima de las normales, teniendo en cuenta las latitudes de Europa Central. Habla de un sistema de almacenamiento que no explica en qué consiste, aun cuando dice a dónde deben dirigirse sus cartas quienes deseen más detalles.

Existen otros tipos de colectores, denominados colectores-piscina, que parecen resultar económicamente útiles para comunidades de 50 a 100 casas. En honor a la brevedad no explico en qué consisten.

El efecto de invernadero se emplea también para la obtención de agua potable. Australia presentó, en 1973, en el Congreso Internacional "El Sol al servicio del hombre" (Congreso patrocinado por ISES, COMPLES y AFEDES, y que tuvo lugar en Madrid) un trabajo-resumen de las investigaciones realizadas para la obtención de agua potable empleando la energía solar. Australia lleva ya varios años empleando este procedimiento para la obtención de agua potable y ha diseñado distintos tipos de aparatos, de complejidad variable: unos para uso industrial y otros para uso doméstico, individual.

Los alambiques solares —llamamos así a los aparatos que, empleando como fuente de energía el Sol, transforman el agua contaminada o salobre en agua potable— no exigen ningún tipo especial de tecnología. En esencia constan de una cubeta o recipiente con el fondo ennegrecido, donde se coloca el agua salobre o contaminada. Este recipiente se tapa con una cubierta de vidrio o de plástico transparente, para que el agua pura resbale a lo largo de ella y caiga en unos canales o ranuras a través de los



cuales va a parar al colector. Ustedes han comprendido perfectamente el mecanismo: Con el calor del Sol se evapora el agua. (Para que esta evaporación sea más rápida se ennegrece el fondo de la cubeta y, en ocasiones, el agua misma se hace absorbente por la introducción de colorantes negros.) El aire caliente, cargado de humedad, asciende debido a su menor densidad y, al entrar en contacto con la cubierta superior, se enfría. Como la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener, en otras palabras, como la presión de vapor del agua, disminuye con la temperatura, al enfriarse ese aire, cargado de humedad, es incapaz de retener todo el agua que retenía cuando estaba caliente, y, el exceso, se condensa sobre dicha cubierta y cae al colector por los conductos situados en los bordes.

Sin duda ninguna han sido necesarios muchos estudios para conseguir la mayor eficacia con un coste mínimo.

El calor que directamente recibimos del Sol ha sido utilizado, durante centurias, para una gran variedad de actividades, muchas de las cuales tienen una gran importancia económica para una comunidad determinada.

El secado es, generalmente, procedimiento lento, y, para aumentar su velocidad, se han realizado distintos estudios. Por ejemplo, el Laboratorio Nacional de Física de la India ha mostrado cómo el uso de un simple concentrador solar a base de espejos, aumenta la velocidad de secado de los jugos de palma y caña de azúcar, fuentes de aceite y azúcar para las comunidades rurales.

En este caso, como en otros aspectos de la energía solar, es de esperar grandes progresos, pues se está trabajando en ello en varios países al mismo tiempo. Según B. J. Brinkworth, estos trabajos "conducirán, probablemente, a la introducción de nuevas industrias en áreas remotas, hasta ahora subdesarrolladas, y a la adopción de otros procesos que, de una manera u otra, envuelven un secado, tales como la producción de papel, cartón y algunos materiales para la construcción. Muchos procesos de este tipo, sin embargo, pueden ser llevados a cabo también donde se dispone de energía mecánica y eléctrica." Posteriormente hablaremos de la posibilidad de obtener energía mecánica y eléctrica a partir de energía solar.

### b.—Captadores con elevada concentración

Cuando queremos obtener temperaturas más elevadas se emplean captadores solares, que efectúan una concentración de la energía solar en una zona que podemos asimilar a un punto o una línea. En esta zona se coloca el objeto o flúido a calentar y que puede alcanzar temperaturas muy elevadas.

Mediante espejos cilindrico-parabólicos se concentran los rayos solares, de manera análoga a como hace el niño que, en un día de Sol, quema el papel utilizando una lupa. Mientras los captadores solares en los que no tiene lugar una concentración apreciable, se colocan fijos, éstos deben moverse siguiendo el movimiento aparente del Sol.

Así funcionan las cocinas y los hornos solares.

Las cocinas solares se usan mucho en China y Países Africanos. Algunas adoptan un diseño especial que las hace portátiles, y otras, sin embargo, poseen un sistema que permite cocinar dentro de la casa a cualquier hora del día.

En el horno solar, debido a una más perfecta geometría de los espejos, es posible alcanzar temperaturas mucho más elevadas. Existen varios hornos solares en Europa y América, siendo precisamente uno de los mayores el de Odeillo (Francia). Estos hornos solares se usan con fines de investigación para producir materiales extremadamente puros, provocar el crecimiento de cristales que no existen en la Naturaleza, extraer agua de las rocas, estudiar el comportamiento de los materiales refractarios, etc.

Uno de los primeros dispositivos de este tipo fue diseñado, hace unos 100 años, por Mouchot. Constaba de un espejo cónico que recibía los rayos solares sobre un eje, después de ser reflejados por el espejo. El cilindro, cuidadosamente protegido, constituía la caldera generadora de vapor de una máquina motriz. Este es también el principio de los motores y centrales solares de que vamos a hablar a continuación.

Un motor solar es un aparato que transforma la energía calorífica, procedente del Sol, en energía mecánica. Se han construido distintos tipos, según para el trabajo a que se destinan. La mayor parte de ellos se fabrican de manera que puedan trabajar con energía solar o con cualquier otra fuente de energía. Sin embargo, esto no es necesario en el caso de labores, como el riego, donde la mayor demanda tiene lugar cuando mayor es la energía solar.

Es interesante señalar que los motores solares han sido la solución para la extracción de agua en varios países africanos, puesto que los motores Diesel dieron mal resultado en estas zonas, debido a los vientos de arena y otros inconvenientes. Estas bombas son ideales para los países en desarrollo, donde existe, quizás, agua, pero no energía para sacarla. Pueden ser algo caros en instalación, pero no consumen nada y sólo exigen un pequeño mantenimiento.

En la Universidad de Dakar se utilizan este tipo de motores para elevar el agua de un nivel a otro. La energía potencial, así conseguida por el agua se transforma en energía eléctrica en una Central Hidroeléctrica.

Otra aplicación de los captadores con concentración reside en la posibilidad de transformar la energía solar en energía eléctrica, mediante una Central Solar termodinámica. Una Central Solar consta, en esencia, de una serie de espejos planos o ligeramente cóncavos, montados sobre unos soportes que los hacen girar según el movimiento del Sol, es decir, de un captador con concentración igual al que poseen los hornos solares, ya descritos. Estos espejos y sus soportes (que ahora pueden hacerse de plástico, con lo que se abarata enormemente este capítulo) concentran los rayos solares sobre una caldera lineal o tronco-cónica. En esta caldera se produce vapor a determinada presión y temperatura. Este vapor se almacena en unos depósitos reguladores, perfectamente aislados. Por último, como en una Central Térmica convencional, este vapor mueve una turbina, acoplada al alternador correspondiente.

Dado que el colector solar está destinado a alimentar un turbo-generador, debe suministrar vapor a temperatura y presión prácticamente constantes. Entonces es indispensable que la Central solar esté equipada con un acumulador de calor, capaz de suministrar vapor en las condiciones requeridas, aun en ausencia de sol durante una temporada. Los franceses ya presentaron un primer estudio de cómo debería de ser ese acumulador, en la Conferencia de COMPLES (Asociación de países del Mediterráneo para el estudio conjunto de las distintas maneras de aprovechar la energía solar), celebrada en Milán en 1962. Después han continuado sus estudios con el fin de conseguir el diseño más económico, y han llegado a la conclusión de que virtualmente es imposible acumular energía térmica de verano a invierno, a esa

temperatura, pero que, mediante una geometría adecuada y con materiales corrientes, se pueden construir depósitos reguladores que aseguren la alimentación de la turbina durante uno o dos días sin Sol, a un costo adecuado. Según ellos, esto es suficiente para lugares situados por debajo de los 45° de latitud.

M. K. Selcuk, Profesor-Asistente de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Ankara y G. T. War, Profesor de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Montreal, desarrollan en 1972 un modelo matemático y programas de computador para el análisis de la Central termodinámica más económica, utilizando energía solar. Estudian distintas combinaciones de ciclo, colector, máquinas, sistemas de almacenamiento, etc. Llegan a la conclusión de que los más adecuados económicamente son los colectores que incorporan una estructura de plástico, panel de abejas, presentada por el Dr. Francia a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Nuevas Fuentes Energéticas, celebrada en Roma en 1961; por lo tanto, sugieren debe darse prioridad a todas las investigaciones relacionadas con el funcionamiento, manejo y construcción de dichos colectores.

Empleando este tipo de captadores solares, Francia e Italia pusieron en funcionamiento la primera central, en la estación solar de St. Hilario de Narvi (Génova), en verano de 1965, con la ayuda de la CNRS y la NATO. Actualmente funcionan en Europa, con carácter experimental, cuatro centrales de este tipo; la última de ellas con una potencia máxima de 2.000 kw.

En Estados Unidos existe un programa de investigación, subvencionado por la National Science Foundation, encargado de evaluar la utilidad de una Central solar termodinámica asociada a una Central Hidroeléctrica. Para la realización del programa se ha formado un equipo universidad/industria en el que colaboran la CNRS francesa (Centre National de la Recherche Scientifique), Balcock & Wilcox y dos Compañías eléctricas, una de Arizona y otra de Oregón. El programa se encuentra casi terminado, y el ahorro de petróleo se señala es bastante considerable.

Según Sancho García, Ingeniero del ICAI, "las centrales solares termodinámicas pueden colaborar a resolver el problema energético español en un plazo relativamente breve. No está mal realizar fuertes inversiones de dinero en la búsqueda bajo tierra de fuentes de energía, petróleo, gas y uranio, pero sería un error, hoy día, no saber aprovechar la energía que sobre nuestro suelo

tenemos, teniendo en cuenta que ésta no produce polución, contaminación, ni psicosis de peligro alguno, como las centrales energéticas de otro tipo.”

Dicho Ingeniero propone la realización del siguiente plan:

- 1.º.—Construcción de una central termodinámica solar de 50 kw.
- 2.º.—Construcción de una central termodinámica solar de 500 kw.
- 3.º.—Construcción de una central termodinámica solar de 3.000 kw.
- 4.º.—Construcción de una central termodinámica solar entre 30.000 kw y 50.000 kw.
- 5.º.—Construcción de una serie de centrales de la potencia máxima aconsejada por la experiencia de los años anteriores.

Indica que él ha iniciado el proyecto de una Central de 50 kw, para instalar en su nueva fábrica de plásticos de Valencia. Para este primer prototipo, él calcula 1.600.000 ptas. para la adquisición de espejos, calderas y accesorios, turbinas y alternadores, más unos 3.500.000 ptas. para los proyectos, moldes e impre-vistos, es decir, un total de 5.000.000 de ptas. para este primer prototipo.

Es interesante señalar que todos los elementos industriales son de fácil adquisición y realización. Una vez hechos los moldes, el empleo de algunos tipos de plásticos tiene ventajas, tales como la rapidez de fabricación, no se producen roturas, son resistentes a la intemperie y fáciles de montar. En cuanto a las calderas, alternadores y accesorios, España fabrica, con perfecta técnica, todos estos elementos. Por último, existe la posibilidad de disponer, por fin, de una tecnología propia, que nos puede permitir, incluso, exportar energía.

### **Sistemas fotoeléctricos**

Existen otros procedimientos para transformar la energía solar en energía eléctrica, sin pasar por la etapa intermedia de la energía térmica.

Uno de ellos se basa en el efecto fotoeléctrico, que muchos de ustedes habrán estudiado en Sexto Curso de Bachiller. Cuando sobre un metal incide luz de determinada longitud de onda (longitud de onda que depende del metal de que se trate) se emiten electrones, que pueden constituir una corriente, si enfrente de este electrodo emisor se coloca un electrodo positivo que atrae hacia sí los electrones emitidos por el electrodo iluminado.

En principio parece que el proceso presentará una elevada eficacia, pues no está sujeto a las limitaciones impuestas por el Segundo Principio de la Termodinámica. Pero no es así, pues ustedes recordarán que para que el metal emita electrones debe ser iluminado con una radiación de longitud de onda tal que la energía de su fotón sea igual o mayor que la correspondiente función de trabajo. Por tanto no todas las radiaciones del espectro solar provocan una emisión de electrones. Para aumentar la eficacia del proceso se han elegido electrodos de diferentes materiales; se ha ensayado el comportamiento de los semiconductores y, así, se han fabricado las células solares, empleadas en los satélites artificiales.

Actualmente, las células solares se fabrican partiendo de obleas de silicio monocristalino, especialmente tratadas, con un diámetro de 40 a 57 mm y espesor de 0.3 mm. Por ahora, este tipo de células tiene grandes inconvenientes, debido a su bajo rendimiento y, sobre todo, a su elevado precio. Sin embargo, el proceso investigador no para. Algunos investigadores consideran que las células solares son la solución ideal.

W. R. Cherry, del Centro de Vuelos Espaciales Goddard de NASA, señala que existen poderosas razones por las cuales su país debe de invertir dinero y hombres en este tipo de investigación. Las razones por él apuntadas son:

- 1.—Conservar las fuentes naturales irremplazables, tales como petróleo, carbón, y menas nucleares, para propósitos más útiles que el de la combustión.
- 2.—Reducir la polución atmosférica y térmica, que tan serios efectos están produciendo en el medio ambiente.
- 3.—Convertir áreas de baja producción (más o menos desérticas) en áreas altamente productivas en las que la energía solar se convierte en energía eléctrica de gran demanda.
- 4.—Reducir al mínimo las importaciones de energía.

5.—Aprender a utilizar la fuente energéfica más abundante e inextinguible.

En cuanto al argumento económico, tantas veces esgrimido, este autor, después de un estudio detallado del problema, acepta que actualmente este procedimiento de obtención de energía eléctrica es más caro que los procedimientos convencionales, pero que puede llegar a ser competitivo a medida que los combustibles de hoy se hacen más escasos y más caros, y a medida que se industrializan los procedimientos de obtención, en masa, de células solares.

John W. Fairbake, del Centro de Vuelos Espaciales de la NASA y Frederik H. Morse, del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Maryland describen un dispositivo, llamado heliotropo térmico, destinado a orientar un grupo de pilas solares respecto al flujo solar incidente, con el fin de obtener la máxima potencia de salida.

El heliotropo térmico consiste en una bobina helicoidal bimetálica que sirve de elemento motor, produciendo un desplazamiento torsional y axial. En comparación con los sistemas de rastreo electromecánicos, utilizados generalmente para la orientación de los concentradores, el heliotropo es eléctricamente pasivo, cuenta con relativamente pocas piezas y es de bajo coste. Los autores indican que el empleo de este dispositivo puede abaratar mucho la energía eléctrica obtenida por efecto fotoeléctrico o fotoiónico (que se describirá a continuación) y que, incluso, puede adaptarse a los tipos de captadores usados en las Centrales termodinámicas y hornos solares.

Por otra parte, la National Science Foundation, Applied to National Needs (RANN) ha patrocinado un número de programas para el desarrollo de células solares de bajo coste. En uno de los trabajos subvencionados se estudia la posibilidad de abaratar la obtención de células solares empleando una capa de policristales de silicio colocada sobre un sustrato de un material barato. Los resultados parecen prometedores.

### **Sistemas termoiónicos**

El otro sistema que permite la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica se basa en otro fenómeno también estudiado en Física de Sexto Curso. Cuando un metal se calienta emite electrones, que pueden ser captados por otro electrodo, produciéndose una corriente eléctrica a través de un circuito externo.

No obstante ser el principio de este sistema muy sencillo, las elevadas temperaturas necesarias para la generación de los electrones, lleva consigo serios problemas tecnológicos aún no resueltos.

Las investigaciones son realmente interesantes e intensas. Se prevé un posible empleo industrial para dentro de 25 años, puesto que se espera alcanzar rendimientos superiores al 30% y poder trabajar con temperaturas de aproximadamente 800°C.

En el Institut für Energiewandlung und Elektrische Anergie se están llevando a cabo interesantes trabajos en este sentido.

### **Sistemas químicos y/o biológicos**

El hombre también ha intentado imitar a la Naturaleza en su manera de aprovechar la energía solar. Mediante la función clorofítica, las plantas almacenan la energía solar que incide sobre ellas. De aquí, la energía que contienen la madera, el carbón y el petróleo.

En algunos países, principalmente Japón y USA, se han hecho serios intentos para producir materia orgánica, en gran escala, bajo determinadas condiciones.

La mayor parte de los trabajos se han hecho con plantas unicelulares, del orden conocido como algas. Para que crezcan las algas, igual que cualquier otro tipo de vegetales, es necesario suministrar abonos. En algunos de los experimentos, a gran escala, ha sido resuelta esta dificultad utilizando las aguas negras. (En nuestros pueblos, los campos se abonaban con los desechos acumulados en el corral.)

El empleo de las aguas negras presenta la ventaja adicional de que éstas contienen bacterias, y una coexistencia de bacterias y algas resulta beneficiosa para ambas. Desde el punto de vista ecológico, la principal función de las bacterias es suministrar



material nitrogenado en forma utilizable por las plantas y animales, capturando o fijando el nitrógeno atmosférico y rompiendo en compuestos más sencillos las complejas moléculas orgánicas presentes en residuos de plantas y heces de animales. En otras palabras, las bacterias pueden transformar la materia orgánica que existe en las aguas negras en sustancias que las algas necesitan para su alimento. A cambio, las algas ceden al oxígeno que necesita la bacteria. El continuo crecimiento de algas, en estas condiciones, resulta atractivo, pues produce la descomposición de los desechos y agua limpia de materia desagradable y peligrosa. Por otra parte, las algas pueden ser recogidas, para mantener una concentración aproximadamente constante.

La mayor parte de los experimentos con cultivos de algas han estado animados por el deseo de producir alimentos. Las algas han sido muy recomendadas como alimento de animales, pues contienen un porcentaje de proteínas, grasas y vitaminas más elevado que otros vegetales. En Japón ya se ha comercializado la producción de algas por este procedimiento. Las algas se secan en vacío y se almacenan a una temperatura inferior a los 5°C, para servir de alimento al ganado, que parece aumentar de peso y vitalidad.

Las algas pueden usarse directamente, como se ha indicado, o pueden descomponerse en cámaras cerradas por la acción de otro tipo de bacterias, que no necesitan el oxígeno para vivir. La mezcla pastosa de las aguas residuales, parcialmente descompuesta, y las algas procedentes de los tanques, donde han crecido, pasan a un digeridor cerrado, en el cual la materia orgánica se rompe casi completamente, dando agua rica en nitratos y fosfatos usada como fertilizante, y un gas combustible, que contiene hasta un 60% de metano. Este metano puede ser licuado, almacenado y transportado al lugar donde se vaya a usar como combustible.

Este proceso es muy utilizado y su tecnología, muy sencilla, está bien establecida. En el mercado escandinavo hay a la venta un dispositivo para procesar los desechos de una familia; no consume agua y puede procesar los restos de cocina. Al principio debían ser calentados con fuel o con el metano producido, y el sistema resultaba relativamente caro. Sin embargo, utilizando cubiertas de plástico para los digeridores y haciendo uso del efecto de invernadero, el calentamiento era producido por el Sol y el sistema resultaba bastante barato. Si el digeridor adquiere un

diseño parecido al de los alambiques solares, es posible obtener agua pura y usar como fertilizante, muy rico y sin olor, la masa pastosa que queda.

En el Laboratorio de Energía Solar de Florida se está trabajando intensamente en este sentido, y han encontrado que con un digeridor calentado solarmente, no hay peligro de que las bacterias mueran en un invierno especialmente crudo, pues la acción bacteriana continúa a ritmo lento y aumenta rápidamente cuando aumenta la temperatura.

A este respecto, convendría recordar que la evacuación de las aguas negras, tal como se hace actualmente en casi todas partes, necesita instalaciones de alcantarillado costosas, junto con grandes volúmenes de agua purificada y escasa, necesaria para arrastrar los desechos urbanos a las estaciones depuradoras.

Existen otras investigaciones paralelas y dirigidas en el mismo sentido. Así, por ejemplo, en Estados Unidos está en marcha un sistema, a pequeña escala, que produce proteínas de pescado de alta calidad, con un rendimiento enorme en relación con la superficie utilizada, y sin contar con más fuentes externas que el Sol y excrementos animales.

Otro combustible gaseoso que se ha pensado obtener, utilizando la energía solar, es el hidrógeno. El hidrógeno está considerado como el combustible ideal para el futuro. Así, está empezando a discutirse que la mayor parte de la producción de las centrales nucleares debería, eventualmente, tomar la forma de combustibles gaseosos más que de electricidad. Las razones propuestas son principalmente económicas, aunque también se incluyen razones de comodidad, que deben ser consideradas frente a las indudables ventajas que, para el consumidor, tiene la energía eléctrica.

Entre los distintos combustibles considerados, el más adecuado parece ser el hidrógeno, que se podría producir por descomposición del agua, obteniéndose oxígeno como subproducto.

El camino que, en principio, parece más sencillo, es de generar electricidad en las centrales nucleares y, después, usar ésta para descomponer el agua por electrólisis. Otra posibilidad, discutida en Boston en la reunión de la American Chemical Society, es la descomposición del agua por el calor, evitando la posibilidad de producir electricidad como paso intermedio.

Ahora se piensa que la obtención de hidrógeno sería una aplicación muy atractiva de la energía solar. Tendríamos un combustible ideal a partir de dos materias primas inagotables: Agua y Sol. No sería necesario pensar en ningún dispositivo de almacenamiento de energía y el hidrógeno podría utilizarse cuando y donde hiciera falta para generar electricidad, para calefacción o para cualquier otro uso.

En la Universidad de Nuevo Méjico, en el Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, se ha encontrado que el método más económico sería la obtención de hidrógeno por descomposición térmica del agua, mediante un proceso en varias etapas. En la literatura se describen distintos procesos; el más utilizado es el bautizado con el nombre "Mark 1", descrito por Beni y Marchetti. Aunque es necesaria la adición de distintas especies químicas distintas del agua, éstas no se consumen en el proceso, pues actúan sólo como catalizadores de la reacción. El hidrógeno, así obtenido, resulta ser competitivo con el producido a partir de combustibles fósiles u otras fuentes de energía, como la nuclear. Es probable que en muy poco tiempo se consigan grandes avances.

## CONCLUSIONES

Hasta aquí lo que pudiéramos llamar "aséptica e imparcial divulgación científica". Ahora quisiera, con los nuevos elementos que la ciencia aporta, hacerles partícipes de mi pensar y repensar en el planteamiento de los problemas que afectan a nuestra provincia.

En primer lugar, es necesario lleguemos al convencimiento de que no es la ciencia la que puede resolver todos los problemas humanos; el único capaz de resolverlos es el mismo Hombre. Así el problema del aprovechamiento de la energía solar no es tanto un problema científico y técnico, como humano. Habrán observado que los términos "crisis de energía" y "carencia de recursos energéticos" no son sinónimos; nuestro planeta contiene gran cantidad de energía, pero hay dificultades, no de orden científico, sino político, para aprovecharla.

Decía Max Born, Premio Nobel de Física, que "la Ciencia distingue entre lo posible y lo imposible, pero la razón debe distinguir entre lo sensato y lo insensato". La inteligencia nos ayudará a encontrar nuevas fuentes de energía, pero debe ser la razón

la que debe decir la última palabra, indicando qué fuentes es más sensato, útil o conveniente utilizar.

Sin duda ninguna, determinado tipo de fuente energética puede ser más adecuada para una determinada región o país y, sin embargo, no serlo para otro país o región. Si bien para la Ciencia la universalidad es una virtud necesaria e imprescindible; para la tecnología esta característica constituye un grave defecto.

No se tienen datos acerca del flujo solar recibido por nuestro suelo, pero Palencia goza de un clima en el que abundan los días despejados y se encuentra comprendida entre los 43°4' y los 41°46' latitud N; circunstancias que todos los autores consideran idóneas para el aprovechamiento de la energía solar, sin utilizar ningún tipo de tecnología complicada. Hecho interesante porque uno de los defectos que se indica posee la tecnología contemporánea es el foso cada vez mayor que establece entre los países desarrollados y sub-desarrollados; foso cada vez mayor a medida que la tecnología se hace más complicada, y que hace que los países en desarrollo deban de importar maquinaria, especialistas y todo.

Creo, pues, que el adecuado y consciente estudio de las distintas maneras de aprovechar la energía solar puede modificar dramáticamente la vida de Palencia y su provincia.

No interesa, en la actualidad, a los palentinos los sistemas fotoeléctricos y termoiónicos de aprovechamiento de la energía solar. En un futuro, quizás no muy lejano, puede ser interesante la instalación de plantas para la obtención de hidrógeno a partir de agua. Aunque por ahora se trata de un proceso en período de investigación, conviene no perderle de vista, pues, dado el número de personas y organismos interesados en él, pronto puede transformar en exportador de energía un país o una región hasta ahora deficitaria. Existen poderosas razones para afirmar o intuir que el hidrógeno será el combustible del futuro: podría sustituir una parte de las redes eléctricas, y sería utilizado, ya directamente en forma de calor, ya transformado en electricidad en el mismo lugar de consumo, sin contaminación.

Dado el grado de desarrollo de nuestra investigación y nuestra tecnología, conviene empezar empleando otros sistemas más sencillos y que, por otra parte, se adaptan maravillosamente a nuestros pequeños y dispersos pueblos. El tipo de tecnología que se usa en los países desarrollados pone mucho énfasis en la economía de operaciones a gran escala, que, a menudo, se adaptan

mal a las situaciones locales descentralizadas. Quizás no se trate sólo de economía, sino también de una innata afición del hombre por las cosas grandes: grandes heroísmos con desprecio de los más pequeños, a veces, más difíciles. No hay duda de que la centralización tiene ventajas, pero no debemos olvidar las desventajas que conlleva.

Según la Comisión de Desarrollo Agrario del IV Pleno del Consejo Económico-Social Sindical, de un total de 459 entidades de población existentes en la provincia en 1971, solo tenían energía eléctrica 422. La centralización, en cuanto a la energía eléctrica, no se adapta bien a nuestra geografía; hay que tener en cuenta que una cosa es el precio del kwh cuando sale de la Central y otro, en ocasiones mucho más elevado, el precio del kwh en el sitio donde se va a utilizar. Para nuestros pueblos puede resultar más barato un sistema descentralizado y, a veces, el único capaz de satisfacer todas las legítimas necesidades o exigencias de sus habitantes.

Por otra parte, en 1971 existían en Palencia 36 Centrales, de ellas 30 eran Hidroeléctricas, 4 Termoeléctricas y 2 Mixtas. Según datos recogidos de una publicación del Ministerio de Obras Públicas sobre Centrales Hidroeléctricas, de todas las de este tipo, existentes en la provincia, un 35% tienen una potencia inferior a los 50 kw y en un 43% la potencia es mayor de 50 kw pero menor de 500 kw. Por tanto, si recuerdan la potencia de las Centrales italo-francesas y que las dos primeras fases del plan expuesto por el ingeniero del ICAI se refieren a la construcción de Centrales de 50 kw y 500 kw (precisamente, las que en la provincia de Palencia constituyen el 78%), comprenderán cómo los palentinos podemos jugar, si queremos, un importantísimo papel en el plan nacional de aprovechamiento de la energía solar.

Puesto que, como ya he indicado, no se posee ningún dato acerca del flujo solar recibido por nuestro suelo, no es posible ninguna estimación cuantitativa de tipo económico. Sin embargo, por comparación con otras regiones de características análogas, se puede afirmar que el kwh solar puede competir perfectamente con el kwh obtenido por otros procedimientos.

Creo, y no es opinión sólo mía, que es importante mantener el carácter agrícola de nuestra región, pero no despreciando aquellas industrias que pueden simultanearse con la agricultura.

Existen, además, otras formas más sencillas de utilizar la

energía solar. Me refiero a lo que se llaman "aplicaciones domésticas", es decir, al uso de la energía solar para proporcionar calefacción y agua caliente. Ya hemos visto que estas aplicaciones no sólo han sido ampliamente estudiadas desde todos los puntos de vista, sino que ya son una realidad en multitud de países.

En la Ponencia de Vivienda del IV Pleno del Consejo Económico-Social Sindical se dice: "Servicio de calefacción tienen el 6% de las viviendas que arroja el censo nacional y sólo el 1% del provincial, según la Encuesta de Equipamiento y Nivel Cultural de la Familia del INE, mientras que el censo provincial ha recogido que el 4'6% de las viviendas ocupadas la tienen. Esta diferencia en los datos provinciales entre la encuesta y el censo se deben al desfase de tres años en los que se ha incrementado notablemente la introducción de este tipo de equipamiento."

Esta situación es incomprensible en pleno siglo xx, en un país frío, pero que goza de cielo despejado y de un gran número de horas de Sol. Hemos indicado ya cómo Israel, Japón, regiones de USA y URSS que carecen de petróleo indígena, emplean este sistema para dotar de calefacción y agua caliente, sobre todo, a sus casas rurales. Según Brinkworth, en latitudes como la nuestra, el Sol puede suministrar agua caliente a menos de la mitad de precio que la electricidad y los combustibles sólidos o líquidos, y el ahorro en combustible hace que, generalmente, a los cinco años, como máximo, esté completamente amortizado el dispositivo. (Ahora el precio de la electricidad y los combustibles sólidos o líquidos ha aumentado lo suficiente para decir que en dos o tres años queda amortizado el desembolso inicial.) Todo esto sin evaluar económicamente los factores relacionados con la polución atmosférica.

El aspecto de la obtención del agua caliente y calefacción mediante la energía solar está tan ampliamente estudiado que no será difícil encontrar un diseño económico que se adapte perfectamente a nuestras casas. Dado el clima de que gozamos, quizás no sea necesario acudir a soluciones demasiado sofisticadas. Para que se hagan una idea les indicaré que, según la firma Philips, en una casa convencional para cuatro personas, la energía total consumida en la calefacción, refrigeración y agua caliente es de 8.300 kwh/año. Suponiendo un flujo solar de 300 w/m<sup>2</sup> (media aceptada para nuestras latitudes) y una superficie de captación (situada en el tejado) de 20 m<sup>2</sup>, 6.000 w = 6 kw. Calculando sobre

las horas de Sol, de que gozó Palencia el año 1971, ello hacen, un total de 15.000 kwh/año, más del doble de los necesarios, y ello sin tener en cuenta que el sistema de la Casa Philips funciona con tiempo nublado, aun cuando entonces la eficacia es mucho menor.

Dentro de las aplicaciones domésticas hay que incluir el procesado de los desechos animales, a que he aludido en el último apartado. Todavía no se ha calibrado con exactitud la verdadera importancia de este proceso, principalmente en nuestros pueblos agrícolas. Dejando a un lado el número de viviendas que no disponen de servicios higiénicos, Vdes. saben que las aguas negras causan problemas insalubres en épocas de estiaje, al aportar una gran masa de materia orgánica que se elimina en circunstancias normales, pero que con poco caudal causa graves perjuicios. Por otra parte, para la evacuación de dichos residuos, se necesitan instalaciones de alcantarillado caras. (En nuestra provincia, de las 459 entidades de población que existían, en 1971, sólo 94 tenían servicio de alcantarillado.) Y, por último, en las granjas modernas, principalmente, constituye un problema, cada vez más grave, el agotamiento del suelo en materia orgánica. Por tanto, no es que el sistema sea interesante y nada caro, sino, todo lo contrario, resulta beneficioso desde el punto de vista económico y necesario desde el ecológico, ya que nos permite disponer de un fertilizante no nocivo y sin olor, además de proporcionarnos agua pura y metano. Se trata, pues, de una tecnología alternativa, capaz de dar una solución diferente a la de aplicar agentes químicos peligrosos y caros. En todo caso dichos desechos se pueden utilizar para cultivar algas que, después de secas, puedan servir para alimento del ganado.

Tampoco hay que olvidar los pequeños motores o bombas para el riego, extracción de agua de los pozos; y una infinidad de pequeñas tareas, tales como el secado al Sol y la agricultura en condiciones controladas. Esta última aplicación no ha sido tratada aquí, no por falta de interés, sino más bien por falta de tiempo.

En el IV Pleno del Consejo Económico-Social Sindical, a que he aludido en varias ocasiones, se lee que el regadío "puede ocasionar infinidad de beneficios secundarios no valorados, tales como: regulación de los ríos evitando inundaciones, aumento de la producción eléctrica, aumento de la ganadería, transformando

los productos agrícolas en carne, leche y derivados, posibilidad de creación de industrias transformadoras de los productos agrícolas, etc.". Pero más adelante se indica que "la única duda sería respecto al éxito de la transformación de zonas de secano en regadío, lo constituye el temor a la escasez de mano de obra, producida por el éxodo rural" y se propone un estudio urgente "ya que cortar el éxodo rural, mejorando las condiciones del campo, puede conseguirse".

Todo parece girar en un círculo vicioso que, según muy distintos autores extranjeros, puede romper muy eficazmente el uso de la energía solar. J. J. Brinkworth dice que es precisamente en estas zonas donde el uso de los sistemas de aprovechamiento de la energía solar puede tener una mayor influencia en el desarrollo económico.

Se trata de un círculo vicioso análogo al que, según Lain Entralgo, se debe el raquitismo de la investigación española, y que, según él, sólo se puede vencer, como todos los círculos viciosos de carácter social, trabajando, como la expresión famosa de San Pablo, "en esperanza y contra toda esperanza".

Debo indicar que no abogo por la eliminación de cualquier otro tipo de industria, ni por la utilización del Sol como única fuente de energía. No se trata de que el Sol desplace al resto de las fuentes de energía, sino de que colabore con ellas. Pero en unas regiones, por sus especiales características geográficas y sociales, esta colaboración puede ser más eficaz e incluso necesaria que en otros.

Sin embargo, nada se puede hacer si no se consigue una adecuada sensibilización hacia el problema por parte de los palentinos. Sensibilización que nos impulse a investigar, ensayar, esforzarnos en ampliar las opciones para nosotros mismos y las generaciones futuras. Si no lo hacemos así, no tendremos la menor oportunidad de elegir nuestro futuro. Sólo podremos, en efecto, continuar en nuestro estado actual o cada vez peor, intentando adaptarnos malamente a la tecnología de países o regiones con características diferentes a las nuestras.

El tema de la energía, incluso sólo el tema del aprovechamiento de la energía solar, en sus distintos aspectos, es demasiado largo para ser tratado en una sola hora. Son demasiadas las cuestiones, no siempre científicas, sino también sociales, políticas y



económicas, incluso de tradición o costumbres con él entrelazadas. De aquí la existencia, en esta exposición, de defectos que nadie conoce mejor que yo; espero, sin embargo, que no recusen el conjunto del trabajo si han descubierto que en algún punto, que conocen particularmente bien, estoy equivocada. Creo que dichos errores respecto a los hechos establecidos, al igual que otros resultantes de lagunas en la exposición, no afectan principalmente a la tesis que sostengo.

Muchas gracias.

## BIBLIOGRAFIA

- Revista *Solar Energy*, años 1974 y 1975.
- *Solar Energy for Man*, B. J. Brinkworth, The Compton Press.
- Revista *Impacto*.
- *Estadística sobre embalses y producción de energía hidroeléctrica en 1970 y años anteriores y tracción eléctrica*. Publicación del Ministerio de Obras Públicas (1973).
- *Manual de tratamiento de aguas negras*, publicado por el Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Ed. Limusa-Wiley, S. A. México.
- "Pilot Plants of solar steam generating stations", Francia, G., *Solar Energy* (1968), Vol. 12, pp. 51 y sigs.
- "The generation of pollution-free electrical power from solar energy", Cherry, W. R., *J. Engng. Power* (1972), 94, pp. 78 y sigs.
- "An analysis of hydrogen production via closed-circle schemes". Chac, R. E. Cox, H. E., *Theme, Conf. Proc.*, Miami Beach, Fla., S13.1-S13.2 (1974), Marzo.
- "Recientes desarrollos en el desarrollo de la energía solar y sus aplicaciones en el Japón", Tetsuo Neguchi, *Solar Energy* (1973), Vol. 15, p. 179-187.
- "Dispositivos orientadores de montajes solares para aplicaciones terrestres", Fairbanks, J. W., *Solar Energy* (1972), Vol. 14, pp. 67-70.
- Distintos números de *American Scientist*, años 1974 y 1973.
- "Perspective sur l'utilisation des rayonnements solaire et terrestre dans certaines regions du monde", Trombe, F., *Revue Générale de Thermique*, 1967, Octubre.
- "Expectativas para la energía solar. (Tres caminos posibles de utilización)", Gardner, J. W., *Nuclear Energy* (1968), Nov.-Dic., pp. 163-166.
- "Optimación de la producción terrestre de energía a partir del Sol, utilizando motores térmicos", Selcuk, M. K. y Ward, G. T., *J. Eng. Power Trans.* (1970), Vol. 92, Serie Anº 2, pp. 173-181.
- "Physics Looks at solar energy", Meinel, A. B. y Meinel, M. P., *Physics Today* (1972), Vol. 52, pp. 44 y sigs.