

## Energía solar en México

Rafael Almanza Salgado

---

Hace poco más de 40 años, en México, el estudio del recurso solar era un tema nuevo que motivaba la curiosidad de investigadores; sin embargo, fuimos pocos quienes iniciamos y aportamos hacia una investigación científica en este tema con la seriedad, rigurosidad y formalidad que el Instituto de Ingeniería exige. Fue así como inició la Planta Solar, ubicada en una de las reservas ecológicas de la UNAM, donde se albergó, en un terreno a campo abierto, a un grupo de investigación pionero en el diseño, construcción y puesta en marcha de concentradores solares tipo cilindro parabólico para la conversión de energía térmica a eléctrica. Tiempo después se abrió el laboratorio de óptica solar donde se iniciaron estudios de materiales, superficies reflejantes y películas en vidrio de forma pionera en México y en Iberoamérica. También en este grupo se obtuvieron los primeros mapas de radiación solar de la República Mexicana.

Desde su origen a principios de 1975, el Grupo de Energía Solar ha impulsado la creación de líneas de investigación en las que el uso del recurso solar se encuentra involucrado en nuevos desarrollos tecnológicos para un amplio espectro de aplicaciones. Algunos de los temas y líneas de investigación abordados desde que se inició la investigación en energía solar en el Instituto de Ingeniería son:

1) Evaluación de la irradiación global en la República Mexicana, 2) Películas selectivas, 3) Generación de energía mecánica y eléctrica por procesos fototérmicos, 4) Concentradores solares, 5) Estanques solares, 6) Espejos solares, 7) Fisicoquímica de arcillas, 8) Aplicación de la energía solar en comunidades rurales, 9) Tubos evacuados para absorbedores solares, 10) Plantas termosolares de canal parabólico, 11) Filtros solares, 12) Generación directa de vapor en sistemas híbridos solar-geotermia, 13) Propiedades térmicas de materiales de construcción, 14) Desintoxicación de agua con fotorreactores con películas de  $\text{TiO}_2$ , 15) Irradiación ultravioleta en la República Mexicana, 16) Sistemas híbridos fototérmica-fotoquímica, y 17) Cámara de envejecimiento para paneles fotovoltaicos y otros materiales.

Dentro de los desarrollos tecnológicos más sobresalientes se pueden mencionar los siguientes: películas selectivas sobre sustratos de Cu, Fe y Al con propiedades ópticas, concentradores solares tipo canal parabólico, desarrollo de bomba solar de 1 kW, colectores solares planos para el calentamiento de agua y uso posterior en baños rurales y digestores, desarrollo de la Planta Solar de 10 kW para generación directa de vapor en concentradores tipo canal parabólico (16 módulos de concentradores solares de 14.5 m de longitud y apertura de la parábola de 2.5 m), digestores de metano de 15 y 40 m<sup>3</sup>, espejos solares de primera superficie, desarrollo de impermeabilizantes con base en arcillas para estanques solares, filtros solares ( $\text{Cu}_2\text{O}+\text{CuS}$  y  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  tipo pasivo y de  $\text{VO}_2$  tipo activo), tubo absorbedor bimetálico Fe-Cu para la generación directa de vapor con esfuerzos térmicos reducidos, suelos arcillosos impermeabilizantes mejorados, fotocatalisis con películas de  $\text{TiO}_2$ , fotorreactores CPC con  $\text{TiO}_2$ , radiación ultravioleta, sustentabilidad energética con energía solar y cámara de envejecimiento con lámparas ultravioleta para una evaluación correspondiente a 25 años de irradiación.

No ha sido menor el esfuerzo que lo anterior supone. Quien tiene experiencia en el trabajo de investigación con dispositivos solares reconocerá inmediatamente que la labor en su puesta en marcha, control y mantenimiento, requiere de una ardua tarea de planeación y coordinación, así como de patrocinios y apoyos económicos que mantengan dichas instalaciones en condiciones para su correcto uso. Esta energía renovable se sitúa como una de las de mayor relevancia en nuestro país debido a la cantidad anual recibida, así como por el abanico de posibilidades en su aplicación.

## Mapas de radiación solar usando imágenes de satélites y cámara de envejecimiento por radiación UV

Lourdes Angélica Quiñones Juárez

---

El primer objetivo de este proyecto fue desarrollar un modelo para determinar la cantidad de radiación UV que incide sobre la República Mexicana tomando como base datos de radiación global, albedo (cantidad de radiación reflejada debido al tipo de suelo), altitud e índice de claridad (disposición de las nubes alrededor del círculo solar). Gracias a los resultados de la aplicación de dicho modelo podemos determinar el tiempo máximo que un mexicano se puede exponer a la Radiación Solar para que su salud no sufra algún daño.

Posteriormente se diseñó e implementó una Cámara de Envejecimiento por Radiación UV (simulador de Radiación Ultravioleta), en la cual se evaluó el comportamiento de los Sistemas Fotovoltaicos simulando la cantidad de radiación UV que recibirán en los próximos veinticinco años, lo que permitió conocer cómo será su eficiencia y nivel de deterioro después de este periodo.

La Fotoquímica, es el área que estudia las reacciones químicas de la materia al interactuar con la luz y es una de las sub-disciplinas de la química moderna. Tratándose de la fotoquímica solar, estas reacciones se desarrollan según el efecto de la radiación electromagnética que emite el sol, principalmente en su rango ultravioleta y visible (UV-Vis). Una tarea de especial interés dentro de la fotoquímica solar es el desarrollo de nuevos materiales. Esta área ha sido ampliamente abordada en nuestro grupo de investigación.

Si bien, los aspectos teóricos en los que se fundamenta y explica la fotoquímica solar han logrado avances sobresalientes a partir de conceptos desarrollados por Albert Einstein, no ha sido menor el desarrollo que se ha logrado alcanzar en la ingeniería de los aparatos, reactores y dispositivos donde se llevan a cabo dichas reacciones.

En una reacción fotoquímica se requiere que la energía lumínica sea absorbida por la o las sustancias químicas reactantes. Para que esto se dé, es necesario que el dispositivo contenga materiales de alta transmisividad como lo es el vidrio Pyrex. Otro punto importante es coleccionar y/o concentrar la mayor cantidad de radiación en el medio de reacción, lo cual se logra al emplear materiales de alta reflectividad como el aluminio de alta pureza en superficies con geometrías de foco lineal o puntual. Todos estos elementos son esenciales y cruciales en el diseño de los fotorreactores solares.

Otros de los materiales fundamentales en diversas reacciones fotoquímicas son los catalizadores semiconductores activados por el efecto de la radiación solar. Estos materiales, aceleran la velocidad de una reacción fotoquímica promoviendo a su vez especies reactivas de tiempo de vida corto y elevado potencial redox. En este sentido, nuestro grupo de investigación ha

desarrollado estudios destacados para la obtención de materiales fotocatalíticos inmovilizados (en película fina sobre superficies sólidas con diferentes composiciones y geometrías o bien mediante manufactura por capas) para ser confinados en reactores tubulares de vidrio, los cuales permiten reducir el tiempo de reacción para aplicarlos por ejemplo a la eliminación y mineralización de compuestos contaminantes como los farmacéuticos y de cuidado personal que son de particular preocupación científica dado su reciente hallazgo en diversos entornos del medio ambiente.

Es así como en nuestro grupo de investigación nos hemos interesado en diseñar y construir reactores solares a nivel planta piloto logrando un substancial cúmulo de conocimientos, experiencias y aportaciones en diversas áreas. Por ejemplo, hemos desarrollado un prototipo experimental para estudiar la absorción de fotones en un medio líquido actinométrico en tres colectores de forma paralela con geometría parabólica compuesta (CPC), variando la concentración del flujo radiante. También se han acondicionado concentradores de geometría cilíndrica-parabólica (CP), para analizar el efecto tanto de la absorción de la radiación UV-Vis, así como del rango infrarrojo (IR) del espectro solar, que en conjunto, logran mayor fotorreactividad en efluentes con alto contenido de compuestos orgánicos volátiles.

Otro desarrollo que se encuentra actualmente en marcha se refiere al horno solar y campo de helióstatos con el que pretendemos alcanzar temperaturas por encima de 300oC para lograr fundir y reciclar materiales de interés medio ambiental, como el PET o el aluminio, así como para analizar sus alcances en otras aplicaciones sustentables como la generación de energía eléctrica mediante motores Stirling o combustibles como el hidrógeno.

## Acondicionamiento fotoquímico-fototérmico solar de agua para uso industrial

---

En este proyecto (PAPIIT, vigente) se desarrolla y diseña un sistema combinado fotoquímico y fototérmico solar para conseguir agua caliente y/o vapor de servicio a partir de agua municipal, a la que habrá que removérsele los remanentes de materia orgánica y de microorganismos mediante fotocatalisis heterogénea solar; esta agua tratada se utilizará en aguas de servicio y/o proceso del sector industrial o comercial.

Para obtener el agua caliente y/o vapor con el fin de eliminar los microorganismos y la materia orgánica utilizamos los concentradores solares del Instituto de Ingeniería, UNAM. Posteriormente, evaluaremos la eficiencia de remoción en la etapa fotoquímica y el desempeño de los colectores en la etapa fototérmica; dichas etapas se han llevado a cabo en colectores de canal parabólico con espejos de aluminio electropulido de 14 m de longitud y 2.5 m de ancho de apertura con los que hemos logrado calentar agua desde 15 hasta 60–70 °C, rango de temperaturas en el que las oxidaciones fotoquímicas suelen ser eficientes.

Con este proyecto se espera generar conocimiento y desarrollo de esta tecnología relacionados con el acoplamiento entre un sistema fotoquímico y uno fototérmico en serie, para aplicación industrial o comercial, ya sea para producir agua caliente y/o vapor con muy bajos contenidos de materia orgánica y de bacterias. También se formarán recursos humanos especializados en energía solar (licenciatura y maestría).

En el desarrollo de éstos y otros proyectos del área de energía solar, participan principalmente los maestros Lourdes Angélica Quiñones, Lauro Santiago y Filiberto Gutiérrez así como los doctores Fabiola Méndez y Julio César Morales.