

COMISION NACIONAL DE INVESTIGACION
CIENTIFICA Y TECNOLOGICA (CONICYT)
Canadá 308, Casilla 297-V
Santiago, Chile.

161.
8001

SEMINARIO SOBRE LOS RECURSOS ENERGETICOS DE CHILE

Santiago de Chile, 16-19 Abril 1974

"UTILIZACION DE LA RADIACION SOLAR
COMO FUENTE DE ENERGIA EN CHILE"

Gabriel Osorio Vargas

Jefe Sección Evaluación y
Archivo Nacional de Evaluaciones
Solarimétricas
C.I.E.S.A. - U.T.F.S.M.



Santiago de Chile, 1974

I N D I C E

	Pág.
1.- INTRODUCCION	1
2.- SINTESIS HISTORICA	3
3.- DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL	5
3.1. Investigación Básica	5
3.2. Investigación Aplicada	6
3.3. Infraestructura	13
4.- EVALUACION	15
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17

-----oOo-----

1.- INTRODUCCION:

La clasificación hoy utilizada, que divide a los recursos energéticos en convencionales o tradicionales por una parte, y en recursos energéticos no convencionales por otra, ha inducido a muchos Gobiernos y autoridades responsables, a centrar los esfuerzos de investigación y desarrollo sólo en los primeros, y despreocupándose en gran medida de los segundos, por considerarlos de aplicación a muy largo plazo.

Frente a la crisis energética mundial presente de recursos convencionales y que se agudizará en el futuro, los Gobiernos han tomado principalmente dos medidas: la primera, restricción en el consumo y la segunda, búsqueda de nuevas fuentes de energía.

El Gobierno actual busca soluciones a estos problemas y es sobre tal base que se propone en este documento, la utilización de la energía solar como una fuente energética para sustituir parcialmente los combustibles tradicionales.

Se ha estimado conveniente exponer las características más relevantes de esta fuente energética y ellas son las siguientes:

- 1.- Es gratuita y solo los equipos de capta

ción y utilización requieren de una baja inversión.

2.-Es energía pura, por lo tanto no necesita procesos de refinación, laboratorios de control de calidad, etc.

3.-No ocupa volumen, ni tiene peso, así es que no necesita instalaciones de almacenamiento, ni sistemas de transporte y distribución.

4.-En nuestra escala de tiempo actual es inagotable.

5.-Tiene un campo ilimitado de aplicaciones industriales y domésticas.

6.-No produce contaminación, ni deja residuos.

Enmarcándonos en nuestra realidad, es necesario decir que Chile, es un país privilegiado a nivel mundial, en cuanto a sus disponibilidades de este tipo de energía. Sólo en la radiación solar incidente en la zona norte, es suficiente para satisfacer 60 veces las necesidades totales de energía en América.

Ahora se puede afirmar que, en medio Chile (Arica-Curicó) se pueden instalar aparatos y elementos para captar en óptimas condiciones esta fuente de energía gratuita; encontrándose los máximos de radiación mundial y máximos

de días despejados en las provincias de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo.

Para terminar, los objetivos del presente trabajo, son entregar algunos antecedentes acerca de fuente energética; de sus investigaciones y de la infraestructura existente en Chile para su estudio y aplicación; se plantea también, los principales requerimientos para seguir desarrollando estos estudios y sus aplicaciones, finalmente un capítulo de conclusiones y recomendaciones acerca del desarrollo en la aplicación de esta fuente energética.

Como limitante de la amplitud y profundidad, de todos los temas tratados en este documento, se destaca el común problema de tiempo disponible en este seminario, para abordar los temas con más detalle.

2.- SINTESIS HISTORICA:

Se puede afirmar que las primeras actividades relacionadas con la aplicación de la energía solar, con fines económicos en Chile, comenzaron en 1872. Cuando se instaló en el Desierto de Atacama (Las Salinas), el primer destilador solar industrial del mundo, construido por el Ing. Carlos Wilson. Esta planta producía 675.000 lts. de agua destilada mensual promedio, y contaba con una superficie aproximada de 5.000 m².

En fecha más reciente, y hace aproximada -
mente 20 años, la por entonces Compañía Salitrera Anglo-Lau -
taro, hoy SOQUIMICH, incluyó en su proceso de cristaliza -
ción del salitre, la concentración por medio de evaporación
por radiación solar en pozas abiertas. Este sistema se ha
mantenido hasta hoy y permite un ahorro mensual de 50.000
tons. de petróleo, al contar con una superficie de evapora -
ción de 44.000 m².

Respecto a las investigaciones básicas, se
pueden diferenciar dos períodos, uno comprendido entre 1923
y 1960; durante el cual se realizaron dos investigaciones -
significativas en este campo, la del Dr. Abbot, en Calama
(desde 1923 a 1947), estudio que permitió establecer la --
constante solar universal; y la del Dr. Butler (en 1935) ,
cerca de la frontera chileno-boliviana, que sirvió para -
confirmar la relación lineal entre la radiación solar y la
presión atmosférica.

El segundo período, desde 1960 hasta la fe -
cha, tiene como característica la implementación de la in -
fraestructura mínima, y el inicio de la investigación sis -
temática en el campo de la energía solar, con la creación
del Laboratorio de Energía Solar Aplicada en el seno de la
Universidad Técnica Federico Santa María, por iniciativa -
del Prof. Julio Hirschmann Recht, a quien con toda justi -

cia en esta síntesis histórica, se puede señalar como el -
pionero y fundador en Chile, de la investigación básica y A
plicada de Energía Solar Sistematizada, ya que a la fecha -
cuenta con 27 años de ininterrumpida y fructífera labor en
este campo, la que ha sido reconocida y mejor evaluada en -
el ámbito científico y tecnológico internacional.

3.- DIAGNOSTICO:

Con el objeto de dar a conocer, la situación actual, de las investigaciones básicas, aplicadas e infraestructura, en el campo de la Energía Solar, se ha incluido - este capítulo de diagnóstico, el cual describe con más detalle las investigaciones y avance en el campo aplicado, de acuerdo a los objetivos planteados, por la Comisión Organizadora de este Seminario.

3.1, Investigación Básica.

El Centro de Energía Solar de la U.T.F.S.M., mantiene investigaciones básicas sistemáticas en aquellas - áreas, que son prioritarias para el desarrollo del aspecto aplicado; ellos son los siguientes:

- 1.- Evaluación de recursos de Energía Solar en Chile.
- 2.- Inercia térmica y su influencia en plantas de destilación Solar.
- 3.- Desplazamiento del Máximo de Radiación Solar en América del Sur.

- 4.- Índice de Correlación entre ciclos de manchas solares y /o ciclos lunares y la distribución de las lluvias en Chile.
 - 5.- Regímenes e Índices de la Radiación Solar en Chile.
 - 6.- Regímenes e Índices de Insolación en Chile.
 - 7.- Influencia de la Radiación Solar en Ecología Marina.
- 3.2. Investigación en la Aplicación de la Energía Solar.

En este punto se exponen en orden de prioridades, por su factibilidad investigaciones de carácter aplicado. Las bases para la selección de estas prioridades han sido:

- a) Grado de desarrollo de las investigaciones, según -- permita su aplicación económica inmediata.
- b) Ahorro directo e indirecto de combustible convencional (petróleo, gas y otros) por la utilización de un determinado equipo o sistema que use energía solar.

Las investigaciones aplicadas son las siguientes:

- 1.- Calentadores Solares de Agua (Cálifonts de uso doméstico)

Investigación terminada. Aplicación inmediata.

Estos calentadores solares permiten sustituir los califonts domésticos a gas, electricidad o petróleo,

en una amplia zona del territorio. Funcionan en Verano e Invierno, aun con días nublados. Las temperaturas de salida-que entregan fluctúan entre 90° y 35° C según la estación -del año.

Actualizando los datos financieros de un estudio técnico-económico realizado por el Ing. Nelson Castro, de Endesa, se puede afirmar que la sustitución masiva de cálifonts ya instalados y la implantación de este sistema en poblaciones nuevas, o en construcción, permitirían un ahorro anual de 8 a 10 millones de dólares, por concepto de la no utilización de combustibles tradicionales.

Si bien es cierto que el costo unitario de estos cálifonts solares, son aproximadamente el doble de -- los cálifonts convencionales, sin embargo la inversión inicial se justifica plenamente al considerar un período de uso de más de un año, por el no pago de combustible. Los requerimientos de mantención son mínimos, son fáciles de construir e instalar y tienen una duración aproximadamente de -- 22 años; hay que considerar también que el 100% del material empleado es nacional. La U.T.F.S.M., utilizó 14 años en -- perfeccionar estos aparatos, y encontrar la solución más económica y de mejor aprovechamiento.

2.- Destilación de Agua Salina.

Investigación casi terminada. Aplicación a

corto plazo.

Esta investigación aplicada se hace relevante por su rendimiento y proyecciones. Al considerar que una superficie útil de 100 x 100 mts. entrega mensualmente -- como promedio 1.350.000 lts. de agua apta para la bebida.

Su bajo costo, al compararlos con plantas -- desalinizadoras convencionales, que para una ciudad como Antofagasta fluctúan hoy, entre 10 y 50 millones de dólares , en el mercado internacional, la señalan como una alternativa óptima y adecuada, a nuestras necesidades, nuestra situación privilegiada en recursos energéticos provenientes del sol, y a nuestras disponibilidades financieras, especialmente de divisas.

Existe un proyecto en tal sentido, para dotar a la ciudad de Antofagasta, de una planta de destilación de agua salina para 1.350.000 lts. promedio de producción por mes y con una inversión comparativamente baja. Pero hasta la fecha su construcción y puesta en marcha no se ha realizado por falta de fondos.

3.- Utilización de la Energía Solar en la electrólisis del Cobre (minería)

Investigación incompleta por falta de fondos. Aplicación a corto plazo.

En lo fundamental, la utilización de ener --

gía solar, -en el proceso de elaboración específicamente- ,
acelera el proceso de electrólisis que acompaña la precipi-
tación del cobre; reemplazando la fuente tradicional de ener-
gía.

Falta terminar la cuantificación de la ini-
ciativa, ya probada cualitativamente, para introducir esta-
técnica en el proceso de producción de cobre en Chile.

Por otra parte son obvias, las proyecciones
económicas de esta o cualquier otra investigación, que au-
mente la rapidez y baje los costos en la producción de nues-
tra primera fuente generadora de divisas.

4.- Uso de Energía Solar en la Metalurgia.

Investigación en desarrollo. Aplicación a
mediano y largo plazo.

Por medio de hornos solares se han obtenido,
en la estación experimental de El Olivar, temperaturas supe-
riores a 2000° C.

Esta investigación aún en desarrollo tiene-
su aplicación más directa en la purificación de semi-conduc-
tores mediante la técnica de zona flotante.

Existe un proyecto de instalación de estos
hornos en Chile, y si la etapa experimental da los resulta-
dos esperados, este reportaría una fuente insospechada de -
divisas por la producción industrial de células fotoeléctri-

cas.

5.- Aplicación de la Energía Solar en la Agricultura.

Bajo el título de: "Cultivos Intensivos bajo Carpas Plásticas con Ambiente Controlado", el Centro de Energía Solar de la U.T.F.S.M., ha estado desarrollando un sistema de cultivo de hortalizas en la zona norte.

Básicamente, las investigaciones realizadas permiten cuadruplicar la producción hortícola de un área de terminada, y disminuir hasta ocho veces los requerimientos de agua de estas plantaciones.

Esta investigación está terminada en lo fun damental. Su aplicación es a corto plazo.

Solo resta su aplicación en forma masiva e industrial, con especial referencia a la zona norte de Chile, ya que con ello se integran zonas desérticas, hasta ah ora no utilizadas y por otra parte, constituirían un impor - tante ahorro de combustible por conceptos de transportes - hortícolas y frutícolas de la zona central a la zona norte,

6.- Conversión de Energía Solar en Electricidad.

Hasta la fecha sólo se ha investigado, y -- construído equipos de fuerza para pequeños radiotransmisores o instrumentos, a utilizarse en zonas o pueblos aisla - dos del norte de Chile.

Entel se encuentra interesada en la utilizada

ción de estas unidades como fuente de energía eléctrica en la red troncal de microondas y sus enlaces para la zona norte del país.

A continuación, y estimándose que las prioridades perderían su objetivo, al seguir la enumeración, se mencionan otras investigaciones, que hoy no tienen tanta actualidad como las anteriores, pero ello no significa que éstas sean de menos importancia al considerarlas de mediano a largo plazo.

A.- Utilización Industrial de Salares mediante Energía Solar.

Básicamente es posible obtener agua potable y electricidad a escala industrial. Al calentar el agua salina vaciada en salares, evaporándola y luego condensando el vapor, obteniendo así agua apta para la bebida. Si se hace pasar este vapor por una turbina, se produce energía eléctrica.

Después de varios años de investigación se ha elaborado un proyecto para la instalación en el Salar de Atacama de una planta piloto de 200 Kw de potencia, se espera el financiamiento para su puesta en marcha.

Los aspectos teóricos de la investigación están terminados, faltando solo la construcción de la planta piloto ya mencionada para afinar los últimos detalles de este sistema, y poder así aplicarla a nivel industrial.

B.- Refrigeración por Energía Solar.

El diseño de un sistema de refrigeración industrial, para zonas áridas, y poco accesibles, que utilizará como mayor fuente de energía la radiación solar, es otra de las investigaciones aplicadas, en que ha centrado sus esfuerzos la U.T.F.S.M. Se han experimentado en modelos pequeños con excelentes resultados. Sin embargo no se ha podido experimentar con modelos más grandes, como uno ya diseñado de 50.000 Kcal/hr, por falta de provisión de recursos financieros para su construcción.

C.- Plantas Disecadoras de Pescados o Frutas.

Investigación aún en desarrollo y de grandes expectativas económicas en el sector agrícola y pesquero. Mediante este método se podrán rebajar considerablemente los costos de producción en el proceso de secado; por la simplificación del equipo, y la reducción de tiempo en el proceso. Según datos obtenidos de algunos experimentos realizados en frutas, el tiempo de elaboración se puede rebajar de 15 días (tiempo actual) a 15 horas por el método desarrollado.

D.- Cocinas Solares.

Aún cuando los resultados obtenidos por las investigaciones efectuadas en el Centro de Energía Solar -- son exitosas. Se considera poco probable que en un período

prudencial, estas cocinas, pueden ser usadas masivamente en los hogares del norte chileno, sin vencer antes las arraigadas costumbres de las dueñas de casa, ya que dichas cocinas deben ser instaladas en el exterior de la casa.

3.3. Infraestructura Existente

Las investigaciones antes descritas sobre aplicación de la Energía Solar en Chile, como así también - en los aspectos básicos de esta disciplina, han contado con el respaldo de una cierta infraestructura, concentrada especialmente en el Centro de Investigaciones de Energía Solar Aplicada de la U.T.F.S.M.

Si bien es cierto la labor desarrollada - se ha considerado como positiva, no es menos cierto - como ha quedado claro en la descripción de las investigaciones aplicadas- que son muchas las iniciativas de alta incidencia en la economía nacional que han quedado paralizadas por deficiencia en la implementación necesaria y oportuna.

3.3.1.- Recursos Humanos Existentes en el CIESA - U.T.F.S.M.

Actualmente este Centro cuenta con los siguientes recursos humanos para desarrollar las investigaciones básicas y aplicadas: dos Doctores, cinco Ingenieros, un Meteorólogo, siete Técnicos Mecánicos, un Técnico Dibujante y tres Operarios Especializados.

3.3.2.- Recursos Materiales

Edificios:

El Centro de Energía Solar Aplicada, cuya sede se encuentra en la ciudad de Valparaíso, cuenta con dos Laboratorios (Energía Solar Aplicada y Horticotecnia) , de los cuales a su vez dependen tres estaciones experimentales (Quillagua, El Olivar y Calama). Otra importante responsabilidad que tiene este Centro es el funcionamiento del Archivo Nacional de Evaluaciones Solarimétricas, el cual también funciona en Valparaíso.

Instalación y Equipos:

Entre los más importantes se encuentran cincuenta instrumentos solarimétricos y equipos de registro. Además se cuenta con ocho instrumentos de traducción y lectura de datos.

Entre los equipos de aplicación más especializados se detallan: calentadores, destiladores, cocinas, helióstatos, pozas, carpas y horno solar.

Acceso a otros Equipos:

El Centro tiene acceso dentro del campus universitario a: computador, ocho laboratorios diferentes - dentro de las distintas áreas de la ingeniería y a cinco talleres especializados.

4.- EVALUACION:

De los puntos anteriores y al intentar evaluar la utilización de la radiación solar como fuente de energía para Chile, se desprende que, nuestro país goza de un inmenso privilegio geográfico-estratégico, al contar con grandes zonas de su territorio, en los cuales se dan los -- máximos mundiales de radiación solar, tanto en cantidad como en calidad de estos recursos energéticos.

Además ya se cuenta con las estructuras básicas necesarias, para desarrollar a niveles económicos la utilización de esta fuente energética, pues el C.I.E.S.A. , ha sido reconocido como centro de excelencia, en los campos de investigaciones básicas y aplicadas, por los círculos -- científicos y tecnológicos internacionales afines.

Sólo restaría pues, en este punto de evaluación, el describir las limitantes más serias de las investigaciones básicas y aplicadas para la óptima utilización de esta fuente de energía, clasificada hoy entre las no convencionales.

Aún cuando el objetivo central de este Seminario, está orientado a los aspectos aplicados, estos tie -- nen como limitante de su desarrollo, los aspectos básicos , con especial referencia aquellos que dicen relación con las

prospecciones cuantitativas y cualitativas de los recursos-energéticos existentes, para algunas zonas específicas, ya que todos los equipos y sistemas antes descritos basan su rendimiento y rentabilidad óptima en la cantidad y calidad de la fuente energética, la cual está supeditada a condiciones locales, que es indispensable determinar.

En este contexto de limitantes del desarrollo de las investigaciones básicas, -fundamentales para las aplicadas-, se hace relevante la profunda crisis de recursos materiales y humanos, derivados de la insuficiencia y escasa continuidad de recursos financieros. Ya que, aún con el gran esfuerzo económico que en tal sentido realiza la U.T.F.S.M., unido en si a donaciones en si valiosas, pero a periódicas e insuficientes, no se logra aún la consolidación de los proyectos a nivel nacional ya en marcha.

Volviendo al campo de las investigaciones aplicadas, se detectan como la principal limitante de un desarrollo integral, la escasez de recursos materiales y humanos necesarios para llevar adelante la construcción e implementación de plantas experimentales, requisito indispensable en su posterior implantación a niveles industriales, y economicamente rentables.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones:

De todo lo anteriormente expuesto se concluye que:

- 1.- La utilización de la radiación solar como fuente energética tiene las siguientes características y -
ventajas:
 - A.- Es una fuente gratuita de energía.
 - B.- No ocupa volumen ni tiene peso.
 - C.- Es inagotable.
 - D.- Es energía pura.
 - E.- No produce contaminación ni deja residuos.
 - F.- No requiere de almacenamiento, refinación y -
transporte.
 - G.- Tienen un vasto campo de aplicación económico.
- 2.- Chile es un país altamente privilegiado en sus disponibilidades energéticas por radiación, y su uti-
lización es factible de aplicar en prácticamente -
la mitad de su territorio.
- 3.- Se cuenta con las estructuras básicas necesarias -
para desarrollar sobre bases sanas, las investiga-
ciones básicas y aplicadas, indispensables para la

utilización masiva de la radiación solar como fuen
te de energía.

- 4.- La utilización masiva de la radiación solar como -
fuente energética, representaría para el país, un
importante ahorro anual de divisas por concepto de
no utilización de combustibles convencionales; co-
mo así también por las proyecciones descritas en -
los sectores: Minero, Agrícola, Metalúrgico, Ener-
gético, Comunicaciones y Pesquero.
- 5.- La limitante más seria, en el desarrollo acelerado
de la iniciativa, hoy propuesta, reside en la insu
ficiencia y aperiocidad de los recursos asignados.

5.2. Recomendaciones:

Sobre las anteriores conclusiones se reco -
mienda:

- 1.- Se reconozca y se considere, a la energía solar, -
como una solución parcial de alternativa en un pro
grama progresivo de sustitución de recursos energé-
ticos convencionales.
- 2.- Que las Autoridades de Gobierno tomen conciencia ,
de que Chile, es un país privilegiado en este tipo
de energía y su aplicación en niveles industriales
y domésticos.

- 3.- Que se reflexione con seriedad acerca de la cantidad enorme de divisas, que pueden ser ahorradas - al país, por la economía en combustibles tradicionales, al utilizar esta fuente de energía, y de - su aplicación en otros sectores económicos, como generador de divisas a corto plazo.
- 4.- que se elabore en forma conjunta entre las Autoridades de Gobierno y Centro Universitario responsable, un plan de inversiones adecuado que permita-finalizar a la brevedad, los proyectos en ejecu - ción, que son prioritarios en un plano económico.
- 5.- Que las Autoridades de Gobierno consoliden a tra - vés de un decreto-ley, un financiamiento anual -- permanente, el cual asegura al Centro responsable poder continuar en todos los niveles sus actividades en pro del beneficio de Chile.

VALPARAISO, FEBRERO 1974.