



## APLICACIONES INDUSTRIALES

# APLICACIÓN DE LA ENERGIA SOLAR Y LA LUZ ULTRAVIOLETA EN LA POTABILIZACION DEL AGUA EN ESCUELAS PRIMARIAS

Dr. Antonio Sarmiento Sera  
Lic. Daysi Gómez Infante  
Ing. Luis Guerra Díaz  
Dtor. David Toledano Lavín  
Ing. Francisco Lorenzo González  
Ing. Juan Carlos Rodríguez Hernández

## RESUMEN/ABSTRACT

En un reporte anterior, se expusieron resultados de la aplicación de la energía solar fotovoltaica y la luz ultravioleta para la desinfección del agua en el ámbito de experimentos de laboratorio.

En el presente informe se presentan características energéticas solares vinculadas con la captación de energía por los paneles fotovoltaicos y relacionadas con las facilidades energéticas que poseen las escuelas primarias rurales en Cuba.

También se reportan los resultados de la primera etapa experimental en condiciones naturales de tres escuelas primarias rurales del Municipio de Consolación del Sur, Pinar del Río, en la desinfección del agua que utilizan los alumnos para el consumo directo.

Los resultados expuestos reflejan el comportamiento satisfactorio del método utilizado, así como sus posibilidades para la proyección o generalización en todo el municipio.

Palabras claves: Energía solar, luz ultravioleta, desinfección del agua.

*In a previous report, results of the application of the photovoltaic solar energy and ultraviolet light were showed for laboratory disinfecting water experiments.*

*In this paper, solar energy characteristics are presented linked with the energy reception by the photovoltaic panels and related with the energy facilities that the rural primary schools have in Cuba.*

*The results of the first experimental stage are also reported under natural conditions of three rural primary schools of the Municipality of Consolación del Sur, Pinar del Río, in the water disinfection of the water that the students use for the direct consumption.*

*The exposed results reflect the satisfactory behavior of the utilized method, as well as their possibilities for the projection or generalization in the whole municipality.*

**Key words.** *solar energy, ultraviolet light, water disinfection*

## INTRODUCCION

Los tratamientos del agua para su desinfección y hacerla potable o aprovechable para el consumo humano directo, ocupan un lugar importante dentro del desarrollo actual de la ciencia, existiendo varios métodos en uso y en estudio [1]. Las zonas rurales, con bajos recursos sanitarios, energéticos, culturales y económicos, resultan las regiones habitables más afectadas por la contaminación a través del consumo directo del agua [2].

La desinfección del agua con luz ultravioleta posee un conjunto de ventajas con respecto a otros métodos, para aplicaciones en regiones remotas, alejadas de las redes de abasto de agua que utilizan la cloración como método fundamental [3] [4].

En un reporte anterior [5] se describieron los resultados en los trabajos experimentales de laboratorio en el uso de la luz ultravioleta como agente germicida. La principal limitación del uso de la luz ultravioleta está en la necesidad de poseer una fuente de energía eléctrica, por lo que la evaluación del potencial energético solar, resulta uno de los pasos iniciales para la introducción del método propuesto.

En el presente informe, se reportan los resultados de la aplicación del método en tres escuelas rurales primarias del municipio de Consolación del Sur.

## CARACTERIZACION ENERGETICA

En la Fig 1 se puede observar un diagrama de la simulación [6] del movimiento aparente del Sol, para la Ciudad de La Habana, donde se observa como la salida del Sol puede estar desviada hasta cerca de  $25^\circ$  del Este (similarmemente en la puesta al Oeste), según el mes del año.

En la escala vertical se ha colocado la altura de la posición del Sol, medida en grados y en la escala horizontal, el azimut o ángulo de la posición solar medido horizontalmente, teniendo el origen en la dirección del Sur.

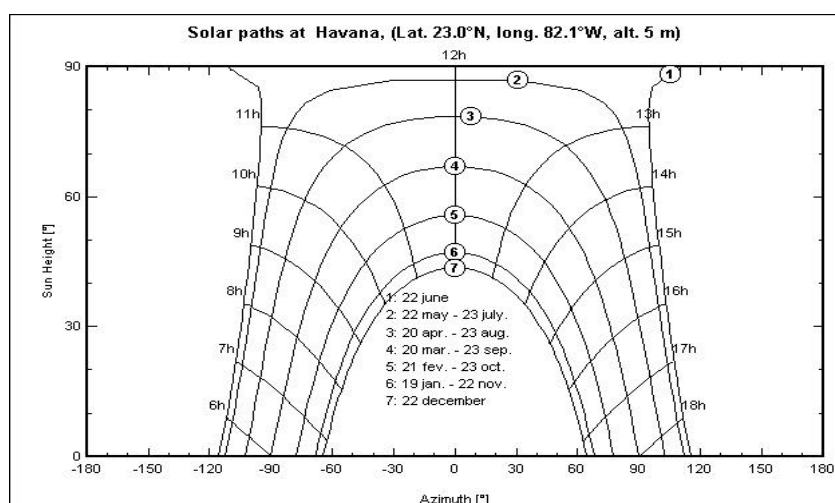


Fig.1 Altura y Azimut solar

En la Fig. 2 se observa la altura (en grados) que logra el Sol sobre el horizonte, para los diferentes días del año señalados, y en la escala horizontal las horas del día.

Es importante señalar que en el hemisferio Norte, el Sol presenta un recorrido en la bóveda celeste, inclinado hacia el Sur

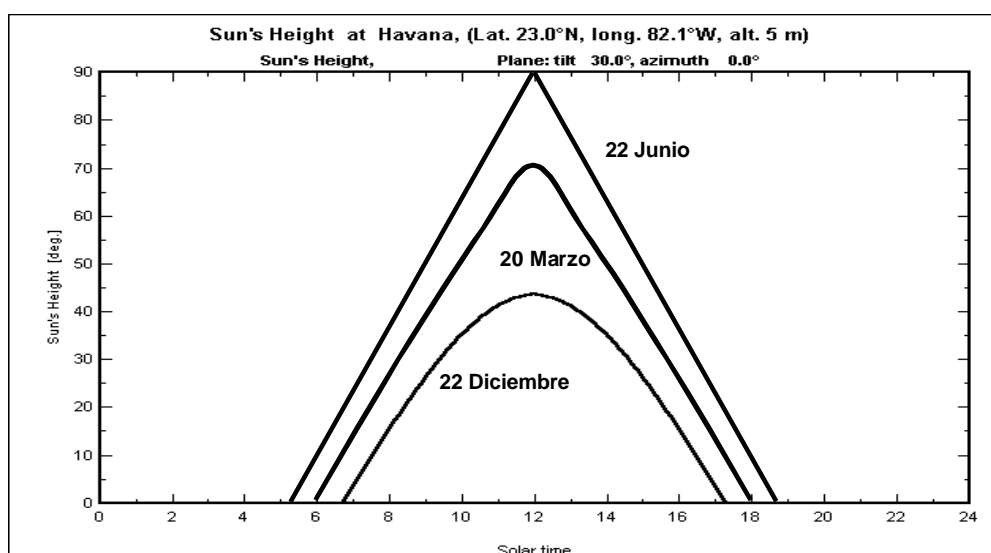


Fig.2. Altura solar vs. tiempo

En la Fig.3 se ilustra esta situación, representando aproximadamente la posición del Sol a las 12 M y su trayectoria, en un día como el 20 de Marzo (Equinoccio de Primavera, que al igual que en el Equinoccio de Otoño, son los únicos dos días del año, donde el Sol sale y se pone, exacta y respectivamente por el Este y el Oeste).

También en la Fig. 3 se representan dos trayectorias adicionales, una correspondiendo al Solsticio de Verano (22 de Junio), con la máxima altura solar y la otra con el Solsticio de Invierno (22 de Diciembre), con la mínima altura solar.

Considerando que los paneles fotovoltaicos se fijan con una posición estable para todo el año, se concluye que deben estar orientados hacia el Sur, e inclinados un cierto ángulo (ver Fig.3). En la medida en que el ángulo de inclinación sea menor, se favorecen los meses del verano (cuando el Sol alcanza sus mayores alturas), mientras que para favorecer los meses de invierno, se requiere una inclinación máxima (ya que el Sol logra entonces sus menores alturas).

Para lograr un máximo de la captación solar a lo largo de todo el año, se deben considerar los compromisos antes mencionados y se ha logrado determinar que con una inclinación aproximada a los  $30^\circ$ , se logra una captación anual máxima, para una inclinación fija de los paneles.

En la Fig.4 se observa la radiación solar diaria de promedio mensual a lo largo del año, incidiendo sobre el plano horizontal y sobre los paneles inclinados  $30^\circ$ , se puede observar como la radiación captada para los meses de invierno es incrementada con la señalada inclinación, mientras que en verano es disminuida, lo cual es consecuencia de buscar el máximo de aprovechamiento anual.

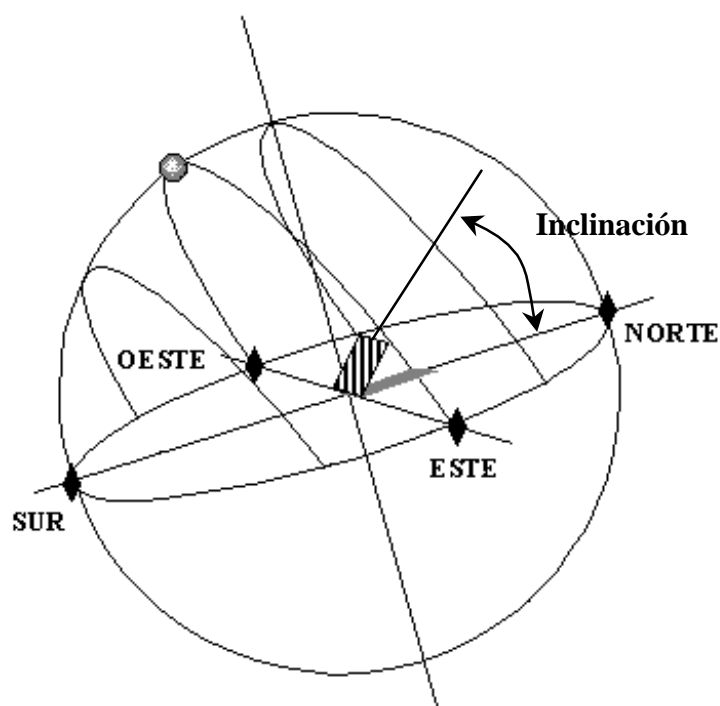


Fig. 3 Movimiento aparente del Sol

Teniendo en cuenta que la isla de Cuba ocupa una posición geográfica aproximadamente horizontal, las conclusiones sobre la inclinación de los paneles, tienen validez práctica para toda Cuba.

En la Fig. 5 se muestra una foto de una escuela rural primaria de Cuba, donde se observa el panel fotovoltaico, así como su inclinación según se ha señalado anteriormente.

Los aspectos hasta aquí señalados sobre la orientación y la inclinación de los paneles fotovoltaicos, se tuvieron en cuenta [7] a la hora de colocarlos en las escuelas primarias rurales en Cuba.

Los resultados en la aplicación de paneles fotovoltaicos en las escuelas primarias, para el desarrollo del programa de medios audiovisuales, así como los trabajos experimentales de laboratorio sobre el poder germicida de la luz ultravioleta [5], y la necesidad de desinfección del agua en zonas rurales, sugirieron la posibilidad de aprovechar el sistema energético ya instalado, en la aplicación de forma experimental de este método de potabilización, en algunas escuelas primarias.

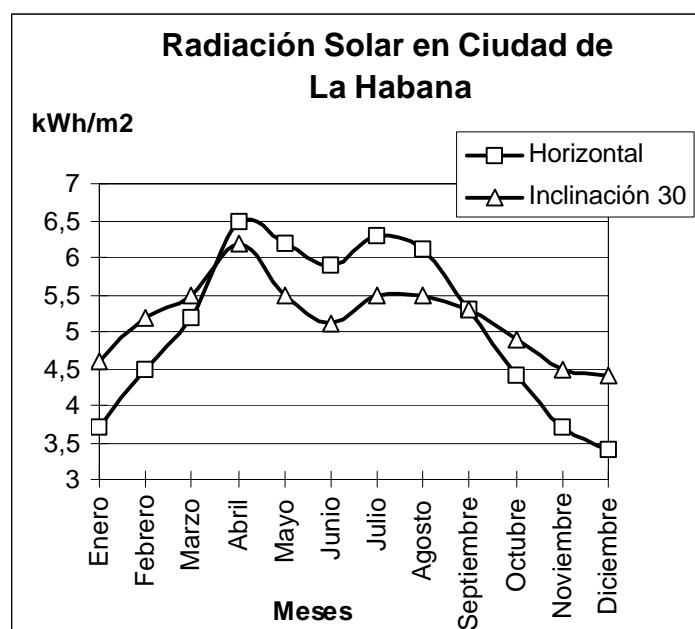


Fig. 4 Radiación Solar en Ciudad de La Habana

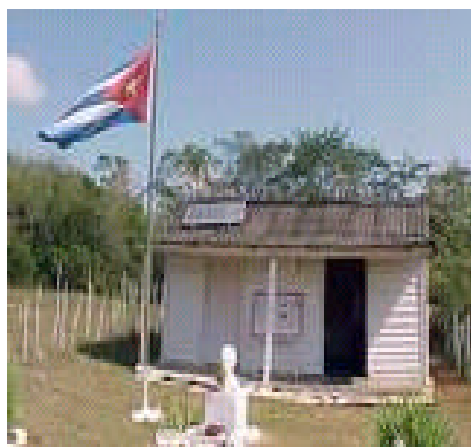


Fig. 5 Escuela primaria rural.

## TRABAJO EXPERIMENTAL

Después de concluir los aspectos generales del trabajo en el ámbito del laboratorio[5], se prosiguió a la etapa de introducción experimental, con las siguientes etapas:

- Selección del municipio y establecimiento de condiciones de trabajo.
- Caracterización de las escuelas del municipio
- Trabajo experimental a escala reducida.

Se seleccionó el municipio de Consolación del Sur, por presentar mejores condiciones generales para el desarrollo del trabajo.

A partir de la encuesta realizada en las escuelas primarias del municipio, se obtuvieron los siguientes resultados generales:

### CLASIFICACION DE LAS ESCUELAS CANTIDAD

- a) Escuelas con agua de pozo o río, que utilizan paneles -11
- b) Escuelas con agua de pozo o río que tienen electricidad del sistema nacional -19
- c) Escuelas con agua del acueducto, que tienen paneles -2

La lámpara de luz ultravioleta considerada en el presente trabajo consume 10 W y asumiendo inicialmente que debe estar encendida 2 hora/día, consume aproximadamente 20 Wh/día. Para ilustrar el valor del consumo energético analizado, puede considerarse que en una escuela primaria con un panel de 165 W, el consumo de la lámpara representaría un 2,4 % del total de energía generada.

d) Escuelas con agua de acueducto que tienen electricidad del sistema nacional-28

e) Otros casos -12  
TOTAL-72

Se concluye que:

- Existen 11 escuelas con paneles fotovoltaicos que requieren del tratamiento del agua.
- Existen otras 19 escuelas que requieren del tratamiento del agua, aunque no poseen paneles fotovoltaicos. En estos casos, la lámpara puede conectarse a la red eléctrica a través de una fuente de corriente directa.

Se seleccionaron 3 escuelas para realizar el trabajo experimental, de modo que permitiera:

- Confirmar la capacidad bactericida de la lámpara con aguas en condiciones naturales.
- Confirmar la operatividad de la metodología propuesta.

Los resultados del tratamiento en las tres escuelas seleccionadas se muestran en las Figuras 6 a) , 6 b) y 6 c) , en ellas se señalan los respectivos nombres de las escuelas.

Los resultados permiten concluir:

- Existe un nivel de contaminación apreciable en las escuelas seleccionadas.
- El efecto desinfectante de la lámpara se demostró en los tres casos, independientemente de las diferencias en la contaminación inicial.
- Transcurrida una hora de tratamiento, el agua se desinfectó totalmente en los tres casos.

Las mediciones del nivel de contaminación se realizaron en colaboración entre el laboratorio del CIPRO y el Laboratorio de Microbiología del Centro Municipal de Higiene de Consolación del Sur.

El nivel de contaminación fue medido por el método [8] de determinación de coliformes del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", reportándose el Número Más Probable (NMP) en 100 mL.

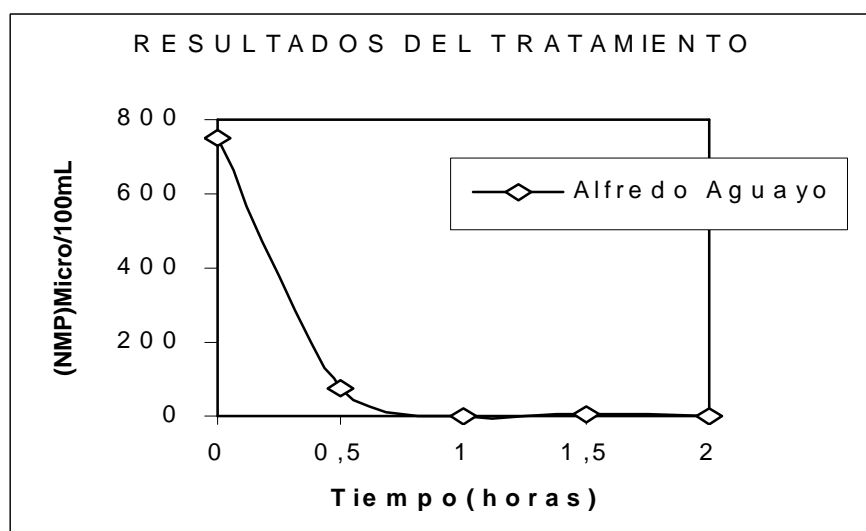


Fig. 6 a). Resultados del tratamiento en la escuela

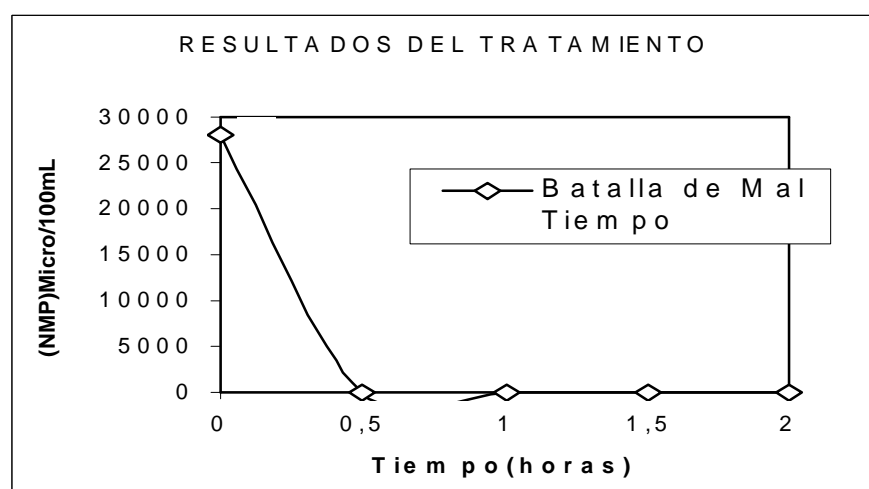


Fig.6 b) Resultados del tratamiento en la escuela

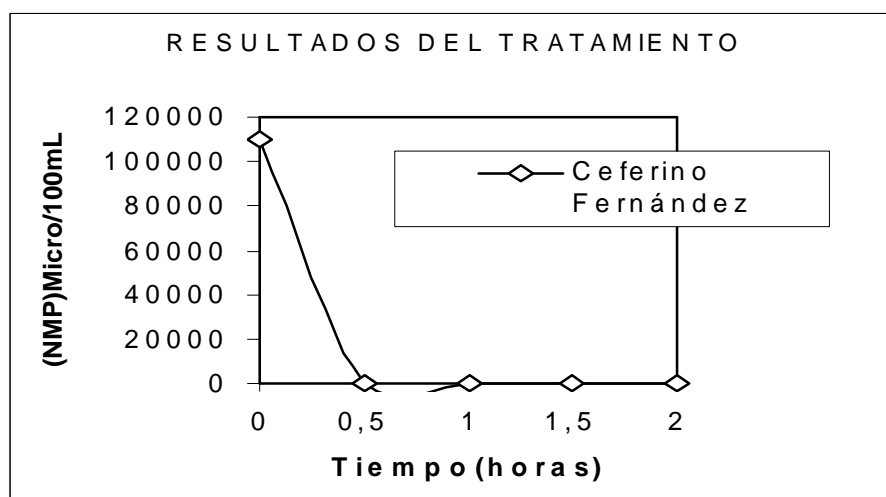


Fig. 6 c) Resultados del tratamiento en la escuela

## CONCLUSIONES

Las condiciones específicas de las zonas rurales apartadas, no se presentan de forma favorable para el uso de métodos tradicionales en la potabilización del agua de consumo humano, siendo esto un factor importante en la calidad de vida y salud de sus pobladores.

Los resultados favorables obtenidos en el presente trabajo indican la factibilidad de la aplicación de la desinfección con luz ultravioleta en zonas rurales apartadas, pues es posible obtener adecuados niveles de desinfección en tiempos relativamente breves y con un bajo nivel de consumo eléctrico.

El sistema de desinfección con lámpara ultravioleta, usando la energía solar fotovoltaica, resulta en Cuba de baja complejidad de operación y montaje, aprovechando las instalaciones de energía solar fotovoltaica que ya poseen las escuelas primarias rurales.

El sistema probado ha manifestado las cualidades necesarias para su introducción a mediana escala, como medida de garantía de la salud en zonas rurales.

Datos de los autores:

Dr. Antonio Sarmiento Sera

Profesor titular, CETER\*, CUJAE\*

Email: sarmiento@ceter.cujae.edu.cu

Lic. Daysi Gómez Infante

Licenciada en química, Centro de Investigaciones en Procesos CIPRO\*\*, CUJAE

Email: daisym@quimica.cujae.edu.cu

Ing. Luis Guerra Díaz\*\*

Ingeniero químico

Email: jorgeg@quimica.cujae.edu.cu

Dr. David Toledano Lavín\*\*

Doctor en Ciencias Técnicas, asistente

Email: davidt@quimica.cujae.edu.cu

Ing. Francisco Lorenzo González

Ingeniero mecánico, CUBASOLAR, Pinar del Río

Email: energiapr@vega.inf.cu

Ing. Juan Carlos Rodríguez Hernández

Ingeniero forestal, CITMA, Consolación del Sur, Pinar del Pío

Email: carncsur@ip.itteeasa.cu