

DESINFECCION SOLAR DE AGUA

Luis R. Saravia, Judith Franco+, Ricardo Echazú, Carlos Cadena#, Humberto Bárcena
INENCO*

y

Oswaldo Blesa

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Salta
Calle Buenos Aires 177
4400, Salta, Argentina

RESUMEN

Se ha iniciado un programa de trabajo destinado a evaluar las posibilidades reales de uso de la desinfección solar de agua en la zona rural del NOA. Se ha determinado que tipo de recipiente es el más adecuado por su transparencia al UV y su bajo costo. Se ha puesto a punto una metodología para detección de coliformes y gérmenes totales. Se midió la radiación total, UV-A, UV-B para determinar como influye en el fenómeno de desinfección. Se trabajó con los recipientes colocados sobre un fondo negro para aumentar la temperatura del agua y aprovechar el efecto sinérgico de radiación + temperatura.

INTRODUCCION

En las zonas rurales y urbanas donde no hay redes de agua potable se presentan grandes problemas de contaminación microbiana de agua, por lo que se recomienda generalmente hervir el agua o clorarla para obtener agua purificada. El agua contaminada es uno de los factores más importantes que causan las diarreas infantiles y otras enfermedades.

En el área rural esta situación es crítica debido al difícil acceso a las técnicas de purificación. La mayoría de los habitantes en las zonas rurales toma agua de ríos o acequias altamente contaminada, sin ningún tipo de protección. Se hace necesario buscar técnicas sencillas y económicas para purificar el agua y hacerla aceptable para el consumo humano.

El uso de la energía solar para desinfectar el agua se comenzó a investigar durante los años 70 en Beirut (Líbano) por el Prof. A. Acra (1) en la Universidad Americana de Beirut. Su grupo llevó a cabo experiencias para evaluar los efectos de la radiación solar en la calidad del agua usada en las soluciones de rehidratación oral. Los resultados encontrados fueron:

- Las bacterias E. Coli son un poco más resistentes a los efectos letales de la radiación solar que otras bacterias comunes en la zona, por lo tanto los análisis de E. Coli sirven por lo general como indicador de los efectos de la radiación solar en las bacterias totales.

- La componente efectiva de la radiación solar involucrada en la destrucción microbiana pareciera ser la componente UV-A (320 - 400 nm) y parte del azul y el violeta

del espectro visible.

Motivada por las investigaciones del Prof. Acra, un programa asociado a la Universidad de las Naciones Unidas, INRESA (Integrated Rural Energy Systems Association) comenzó una red de estudios en el tema, coordinada por el Brace Research Institute de Canadá en cinco instituciones de cinco países en tres continentes, para investigar y diseminar la tecnología de desinfección de agua mediante energía solar. Los resultados de estas investigaciones se resumen en las actas del Workshop realizado en agosto de 1988 por el BRI (2). Algunos de los resultados más significativos encontrados en este proyecto fueron:

- Se confirmaron las experiencias del laboratorio del Prof. Acra en diferentes partes del mundo. La radiación solar tiene un efecto germicida en el agua contaminada bacteriológicamente.

- La desinfección con radiación solar se puede aplicar efectivamente si hay disponible una intensidad de por lo menos 500 W/m² durante 5 horas y que la contaminación no supere 1000 coliformes fecales/ 100 ml.

Con estos antecedentes en el "Swiss Federal Institute for Environmental Science Technology (EAWAG)" (3) realizaron una investigación detallada sobre la influencia de las distintas longitudes de ondas y el tiempo de exposición necesario para inactivar muestras de agua con distintos tipos de bacterias y virus. Las conclusiones de este trabajo se pueden resumir en:

- La componente de la radiación mayoritariamente responsable de la inactivación de los microorganismos es la UV-A, sin embargo existe un efecto sinérgico conjunto con la luz Violeta (400-450 nm)

- Se observaron efectos sinérgicos con temperaturas del agua mayor de 50C y la radiación UV-A y luz visible. Comparado con temperaturas de agua menores, la cantidad de radiación necesaria para inactivar E. Coli es 3 veces menor a 50 C. Lo mismo se observa en el caso de los virus.

- El efecto letal se incrementa considerablemente si se agrega azul de metileno, 1 mg/l de azul de metileno aumenta la eficiencia en un factor de 20.

Este mismo equipo de investigadores realizó un trabajo de campo en Cali, Colombia, utilizando distintos tipos de recipientes expuestos a la radiación solar (4) comprobando los resultados obtenidos en el laboratorio.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se planteó realizar algunas experiencias en desinfección de agua en el INENCO.

Se seleccionó el recipiente a ser utilizado, se midieron radiación total, UV-A, UV-B y temperatura del agua del recipiente, y se realizó un control microbiológico de la muestra de agua.

SELECCION DEL RECIPIENTE

El recipiente a utilizar para la desinfección de agua debe tener una buena transmitancia con respecto a los diferentes espectros, también es importante la profundidad, expresada como una relación entre el área de la superficie expuesta y el volumen del agua a tratar. Es de gran importancia que la transmitancia en la zona del UV-A sea alta y la profundidad pequeña, ya que permite una mayor penetración

Con un espectroradiómetro marca Li-Cor 1800 UV- Visible, se midió la transmitancia de distintos tipo de recipientes de fácil obtención en el medio, como ser botellas de gaseosas y de agua descartables y de vidrio, y bolsas de polietileno.

El procedimiento empleado fue : Se midió el espectro solar un día claro a mediodía, entre las longitudes de onda de 300 a 1100 nm , sobre plano horizontal. Se midió también, en las mismas condiciones, el espectro a través de una muestra de polietileno cristal de 50 micrones de espesor y de los otros recipientes.

Los resultados obtenidos se muestran en las gráficas 1 a 4 para cada uno de los recipientes probados.

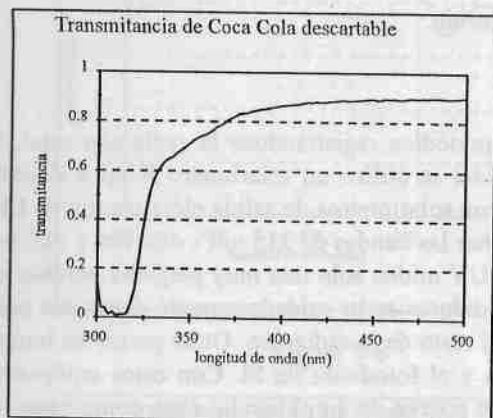


Figura 1

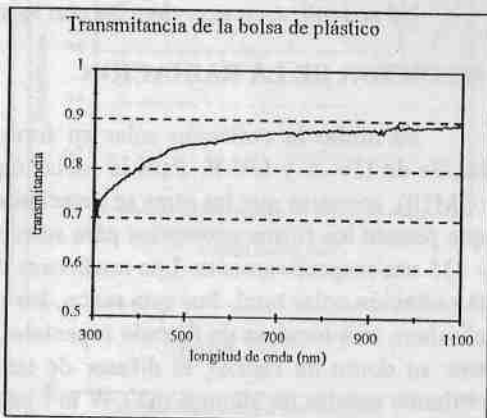


Figura 2

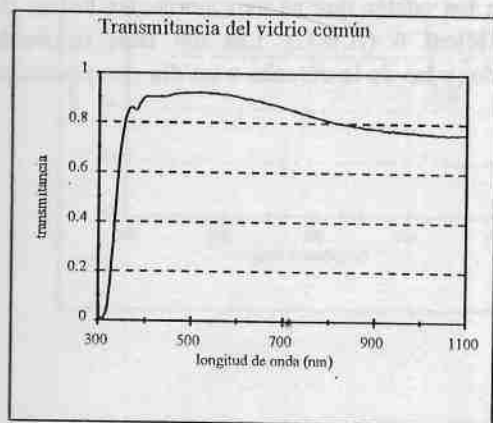


Figura 3

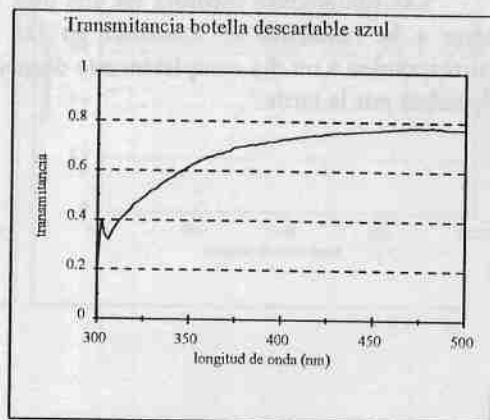
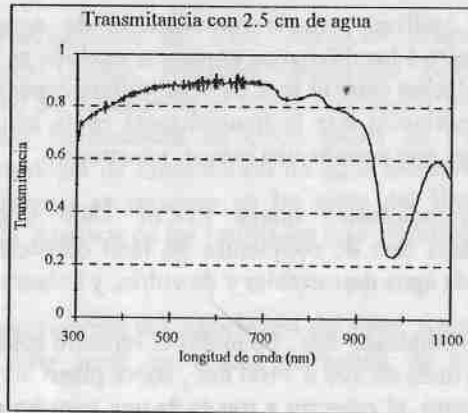


Figura 4

Figura 5-d



Como se puede observar hasta los 25 mm la transmisión de radiación ultravioleta es prácticamente la misma que con 5 mm de agua. En la zona del infrarrojo se observa una mayor absorción a medida que aumenta la capa de agua.

No se realizaron experiencias con agua turbia.

MEDICION DE LA RADIACION

Se midió la radiación solar en forma periódica registrándose la radiación total, la banda de UV-A y UV-B. Para la radiación total se utilizó un solarímetro Kipp y Zonnen (CM10), mientras que las otras se detectaron con solarímetros de salida eléctrica marca Eko que poseen los filtros necesarios para seleccionar las bandas de 315 nm - 400 nm y 280 nm - 315 nm respectivamente. Los medidores de UV miden solo una muy pequeña porción de la radiación solar total. Por esta razón, los medidores están cuidadosamente diseñados para eliminar, con técnicas de filtrado especiales, el resto de la radiación. Otras partes de interés son: su domo de cuarzo, el difusor de teflón y el fotodiodo de Si. Con estos equipos se obtienen señales de algunos $mV/W m^2$ ya que poseen un amplificador (con compensación de temperatura) incorporado.

Las radiaciones medidas en dos días en los cuales que se expusieron las bolsas de agua a la radiación se muestran en las gráficas 6 (A,B,C). Las del lado izquierdo corresponden a un día completamente despejado, y las de la derecha a un día con presencia de nubes por la tarde.

En las gráficas anteriores se puede observar que las bolsas de polietileno son las que mejor transmiten el UV, por lo que se decidió utilizarlas ya que reúnen todas las características mencionadas previamente. Las bolsas de polietileno usadas son de 50 micrones de espesor y su tamaño es de 50 cm x 33 cm. En cada una de estas bolsas se puede introducir 3 litros de agua, obteniéndose un espesor de 2 cm aproximadamente. El área que queda expuesta a la radiación es 900 cm^2 aproximadamente.

Utilizando una bandeja fabricada con este plástico, se midieron los espectros a través de películas de agua de distinto espesor.

En las figuras 5 (a,b,c,d,e) se representan los cocientes de los espectros medidos a través de las distintas capas de agua, con respecto al espectro solar. Cada gráfica representa entonces la transmitancia espectral de la película de agua más el plástico.

Figura 5-a

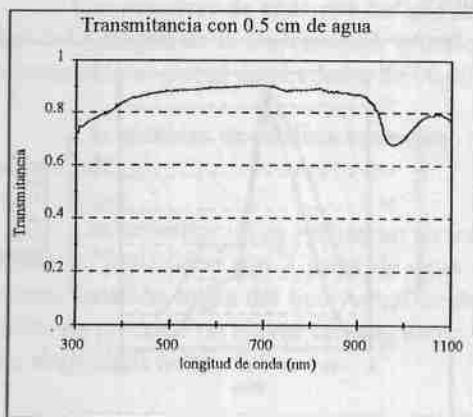


Figura 5-b

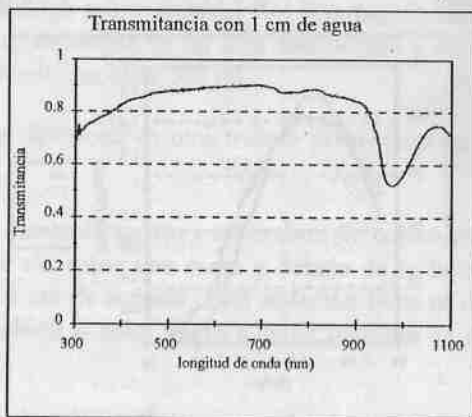


Figura 5-b

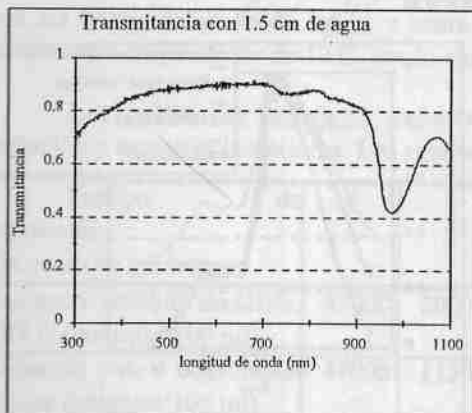
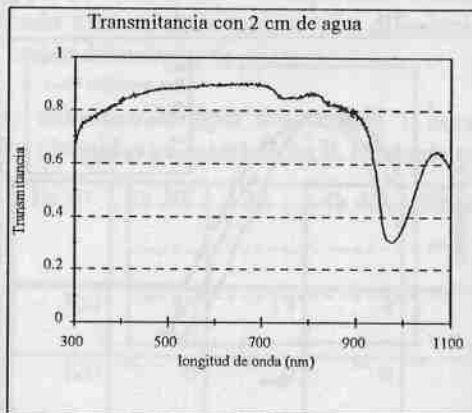
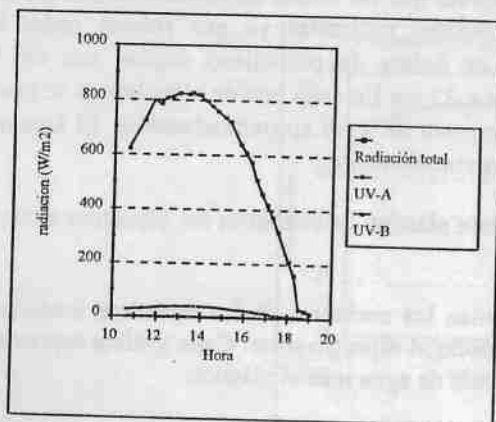


Figura 5-c



Día Claro



Día con nubes

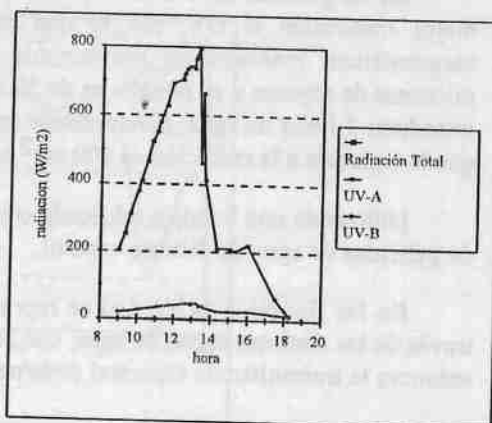


Figura 6.A

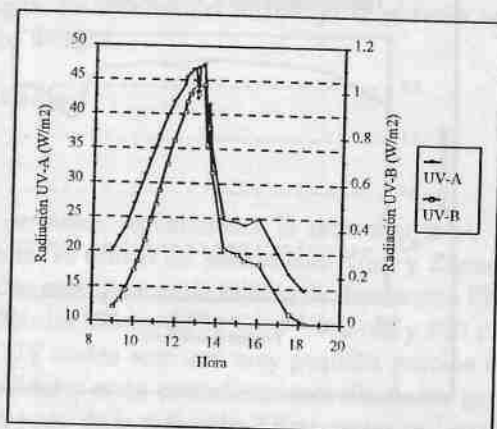
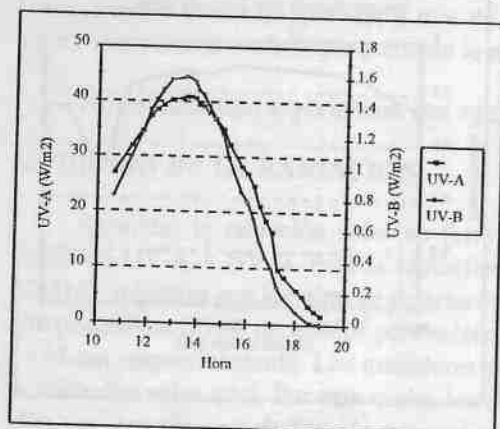


Figura 6.B

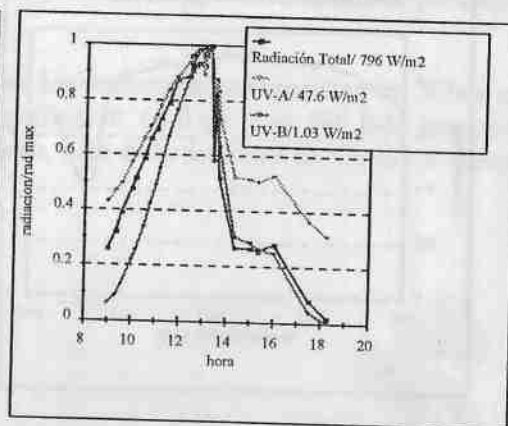
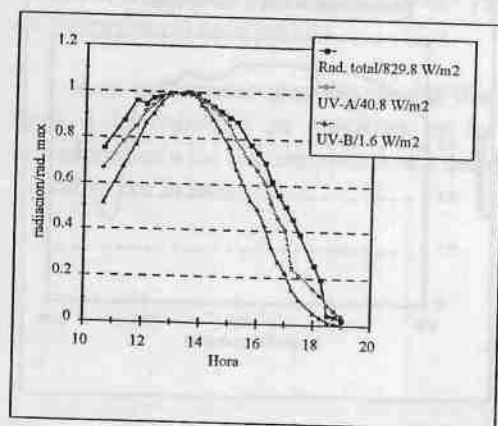


Figura 6.C

Las gráficas 3.A corresponden a los valores medidos, representados todos en la misma escala, en ellos se puede observar la proporción de UV-A y UV-B de la radiación total, estas oscilan alrededor del 5% y del 0.1 % respectivamente.

Las gráficas 3.B representan las componentes UV-A y UV-B en su propia escala. Las 3.C es la radiación dividida el valor máximo medido para ese día. Se observa que para un día claro las curvas son similares, pero en días nublados cuando la radiación total disminuye al 26 % de su valor, la componente UV-A llega al 56 %, esto indicaría una disminución menor que la total.

CONTAMINACIÓN MICROBIANA

Las muestras de agua con las que se trabajó se tomaron del Río Wierna, distante a 5 Km del Campus de la Universidad, este río se encuentra en un área semiurbana y con una contaminación global de alrededor de 90,000 colonias cada 100 ml.

Las técnicas de análisis bacteriano se describen en otro trabajo presentado en esta reunión ref.(5).

Las experiencias se realizaron en los meses de agosto y setiembre. Se colocaron las bolsas de polietileno con 3 litros de agua de río sobre una mesa y debajo de la bolsa se colocó aislación negra del tipo Armaflex de 2 cm de espesor. Esta aislación tiene el doble efecto de producir un mayor calentamiento debido al color negro y evitar pérdidas de calor por abajo de la bolsa.

Las bolsas se expusieron a la radiación a partir de las 10 a.m. y hasta las 5 p.m.

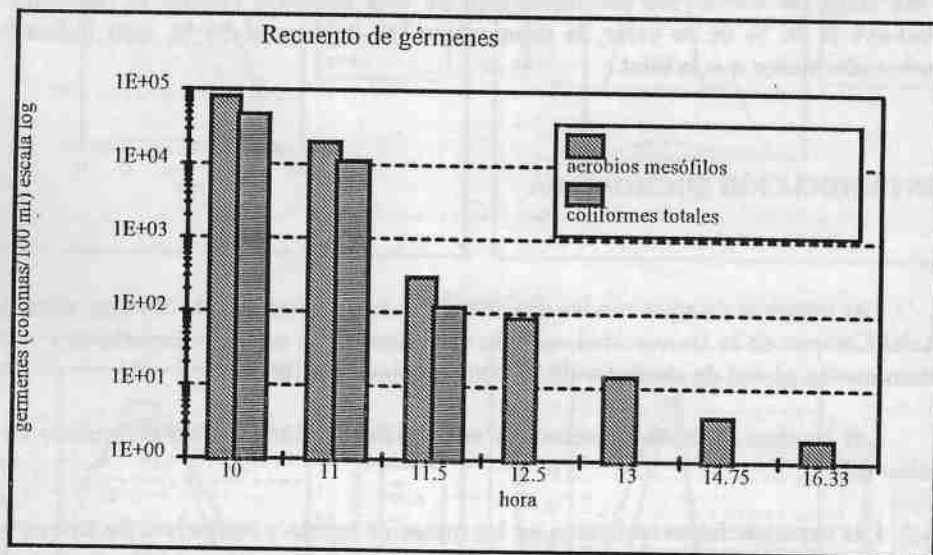
Se realizaron algunas experiencias previas para comparar la temperatura alcanzada con las bolsas sobre fondo negro y sobre fondo blanco, detectándose una diferencia de temperatura de alrededor de 10 C, por lo que se decidió adoptar la primera.

Los análisis se realizaron recogiendo muestras de agua después de 1 hora de radiación y muestras posteriores. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tiempo de exposición	0	1	1h 30'	2h 30'	3h	4h 45'	6h 20'
Recuento de gérmenes							
Recuento aerobio mesófilo a 37 C (colonias/100 ml)	82000	20000	300	86	14	4	2
Recuento de coliformes totales (colonias/100 ml)	47000	11200	120	0	0	0	0
Temperatura (C°)	20	33.8	38.3	48.5	52	55.1	50
Radiación total (MJ/ m ²)		2.48	3.88	6.8	8.28	13.11	16.78
UV-A recibida (kJ/ m ²)		106.2	169.2	306	379.8	625.5	778.5

La gráfica 7 muestra la variación del número de colonias en función del tiempo de exposición, se observa un fuerte decrecimiento en la primera hora que provoca una disminución al 25 %, después de 2 h 30' no se observan coliformes totales y los gérmenes totales que quedan son sólo el 0.1%, con lo que se demuestra que la técnica es efectiva.

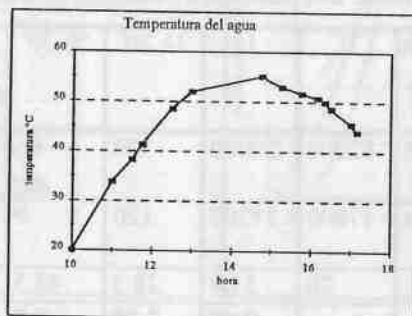
Figura 7



Se realizó también un análisis después de 24 horas de retirada la bolsa de la radiación y mantenida a temperatura ambiente para determinar la recontaminación, se observó 1 colonia / 100 ml.

La gráfica 8 muestra la variación de la temperatura del agua dentro de la bolsa, se observa que se mantiene a mas de 50 °C durante 3 horas. Aunque según los datos obtenidos en los recuentos de gérmenes pareciera que no influye la temperatura ya que prácticamente se anulan antes de alcanzar los 50 °C, esto se debe a que la radiación recibida es suficiente para inactivar los gérmenes.

Figura 8



CONCLUSIONES

Las bolsas de polietileno, son un recipiente adecuado para la desinfección solar de agua, tienen una buena transmisión en el UV, y tienen una buena relación volumen/superficie de colección. Además son muy económicas, su costo es de 0.10 \$ cada una.

Los análisis microbiológicos realizados muestran que la técnica es efectiva, ya que prácticamente no quedan colonias de gérmenes activadas.

Sería necesario realizar más experiencias para determinar la influencia de la temperatura en la inactivación de los gérmenes.

Es necesario hacer algunas experiencias con agua turbia, ya que la turbiedad disminuye la transparencia del agua y no permitiría una buena absorción de la radiación

REFERENCIAS

- 1.- Acra, A. et al. (1984), Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions, UNICEF
- 2.- IDRC (1988), Solar water disinfection. Proceedings of a workshop held at the Brace Research Institute, Montreal, Canada (International Development Research Centre, P.O.Box 8500, Ottawa, Canada)
- 3.- Wegelin, M. et al. (1993), Solar Water Disinfection: Scope of the Process and Analysis of Radiation Experiments, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG), CH-8600 Duebendorf, Switzerland.
- 4.- Wegelin, M. et al. (1993), Solar Water Disinfection: Evaluation of Field Tests carried out in Cali, Colombia, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG), CH-8600 Duebendorf, Switzerland.
- 5.- Franco, J., Blesa O., Lagarde, T.(1994), Control Microbiológico de un Destilador Solar, Presentado en la 17ª Reunión de Trabajo de la Asociación de Energía Solar (ASADES).