

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE CUBA

Autores: Dr. C. Aldo Hernández¹; Dr. C. Ada Manresa¹; Lic. Michael Lugones¹; Lic. Niurbis González¹; Lic. Israel Borrajero²; M Sc. Medardo Rivero¹; Tec. Elsa Vega¹; Tec. Esperanza Fernández¹ y Tec. Vivian Rodríguez¹.

¹ Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana

Ave. 23 # 21425, La Coronela, La Habana, Cuba

e-mail: aldohm@ifal.uh.cu

² Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología. Casa Blanca. La Habana, Cuba

INTRODUCCIÓN

Las actividades de abastecimiento y tratamiento de agua en Cuba se han visto bastante afectadas con el deterioro que ha experimentado la economía cubana desde 1989, en detrimento de la calidad del agua que recibe la población (Montero, 1994).

Las causas fundamentales que han llevado a la inestabilidad del tratamiento del agua han sido las siguientes (Sánchez, 1997): baja producción de productos químicos (cloro gas, hipoclorito de sodio y sulfato de aluminio) los cuales son usados en el tratamiento del agua; roturas en las instalaciones de tratamiento; dificultades para la transportación de los productos; limitaciones económicas para adquirir el hipoclorito de calcio en el mercado internacional.

Existen otras afectaciones de importancia las cuales están relacionadas con las condiciones a que ha sido sometido el país a causa del derrumbe del campo socialista, entre ellas se tienen (Montero, 1994):

- Limitaciones para la adquisición y transportación de equipos de recambio y piezas de repuesto.
- Restricción de las actividades de mantenimiento y limpieza de redes y tanques de almacenamiento que, unido al servicio intermitente de los acueductos y afectaciones graves por las dificultades en el fluido eléctrico han conllevado a la introducción de contaminantes en el interior de las tuberías en los horarios en que no se presta el servicio de agua en la red.
- Deficiente control de la calidad del agua por limitaciones de los medios de cultivo y reactivos requeridos, así como insuficiencias en el transporte de los laboratorios.

- Intensificación del uso de cisternas y tanques elevados en edificios donde no se mantiene la higiene requerida aumentando así la degradación de la calidad del agua.
- La necesidad de almacenamiento de agua en las viviendas ha conllevado a la proliferación de todo tipo de vasijas y envases que posibilitan la recontaminación del agua durante su uso y manipulación.
- Disminución del servicio de limpieza de fosas, las cuales al desbordarse es una fuente segura de contaminación de las tuberías de abasto de agua.
- Disminución del nivel de ejecución de obras centralizadas de abastecimiento de agua y saneamiento, lo cual no ha permitido extender estos servicios al sector de la población que no dispone de los mismos.

En Cuba existen 154 instalaciones que utilizan cloro gas y 839 que utilizan hipoclorito de sodio o de calcio, con lo cual se garantiza la potabilidad del agua para 7,3 millones de habitantes.

Para la población que no es abastecida por los acueductos y para aquella con dificultades en el servicio de agua en situaciones de emergencia, pueden emplearse soluciones alternativas, probablemente la más utilizada por la población es la del hervir el agua por considerarla más segura, aunque una de las más caras.

Hoy el agua: a pesar de que se potabiliza la hierve casi todo el mundo, se estima que el país gasta entre el 15 % y el 20 % del combustible de que dispone en calentar agua para bañarse y en hervir agua para beber (El Habanero digital, 2007).

El método SODIS para la desinfección de agua ha sido probado en diferentes países con resultados satisfactorios, con costos mínimos cargados fundamentalmente en la implementación de las investigaciones, capacitación del personal que llevó a cabo la aplicación del método y capacitación de las personas de las diferentes comunidades. No requiere gastos para la aplicación ya que las botellas que se utilizan son envases desechables fundamentalmente utilizados en la industria del refresco y la energía es el sol que es gratis (Anuradha y col., 2006; Wegelin y col., 2005; Kehoe y col., 2004; Conroy y col., 2001; Smith y col., 2000; McGuigan y col., 1998; Sommer y col., 1997; Conroy y col., 1996)

En nuestro país tiene grandes posibilidades la aplicación de este método en las zonas donde los habitantes tienen el hábito de hervir el agua por no tener seguridad de la higiene de la misma para beber, o en aquellos lugares o poblados que aun no cuentan con sistemas de

purificación y hacen uso fundamentalmente del agua de pozos o manantiales; también sería válido para situaciones de contingencia donde no se cuente con energía para desinfectar el agua. El uso de este método implicaría también un apreciable ahorro de energía

El Municipio de La Lisa cuenta con pozos para el abastecimiento de agua en tiempo de condiciones excepcionales y en particular en el Consejo del Poder Popular Versalles – Coronela presenta buena disponibilidad de agua y continuamente se sigue en la perforación de nuevos pozos para incrementar las reservas de agua. Esta fuente de agua está sujeta a posibles contaminaciones, fundamentalmente dada por microorganismos patógenos, lo que la hace que la misma no sea una fuente de agua segura para la salud. Por este motivo el agua procedente de pozos debe ser tratada para proteger a las personas de posibles enfermedades causadas por microorganismos patógenos.

En las condiciones de contingencia puede darse la situación de no contar con todos los medios para asegurar la calidad microbiológica del agua, por lo que se hace necesario buscar nuevas alternativas de fácil acceso a la población y al personal encargado de cumplir con esta tarea.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y las bondades que se reportan en cuanto al método SODIS (Desinfección Solar de Agua) para la eliminación de microorganismos patógenos en el agua mediante la exposición a las radiaciones solares en pequeños depósitos transparentes (botellas)(Wegelin y col., 2005; Meierhofer y col., 2003) es que se ha planteado el desarrollo de esta investigación..

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la tecnología SODIS bajo las condiciones climáticas de Cuba en zonas del municipio de La Lisa, donde no existe una garantía total de la calidad del agua para la reducción del riesgo de la población de contraer enfermedades diarreicas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se realizó en el Instituto de Farmacia y Alimentos con la participación del Centro de Física de la Atmósfera del Instituto de Meteorología. y en coordinación con la Defensa Civil y la dirección de Epidemiología del municipio de La Lisa.

La experimentación se llevó a cabo entre los meses Marzo –Junio del 2007 en el Consejo del Poder Popular Versalles - Coronela del municipio de La Lisa; en la misma se evaluaron las condiciones climáticas de la zona y la calidad sanitaria y sensorial del agua tratada con radiación solar.

Métodos de evaluación empleados.

Evaluación de las condiciones climáticas mediante observación de cielo cubierto.

Para determinar la fracción de cielo cubierto se dividió imaginariamente la bóveda celeste en ocho partes y se observaron las fracciones despejadas del cielo cuando la mayor parte de él estaba cubierta de nubes. Finalmente se le restó a las ocho partes las fracciones despejadas para obtener la fracción nubosa; en caso de que la mayor parte del cielo estuviera despejada, sólo se contaba la fracción nubosa

Se tuvieron en cuenta las consideraciones siguientes:

- Si el cielo estaba despejado al 100 % ó soleado la fracción de cielo cubierto se consideraba 0; por carecer de nubosidad.
- Si de las ocho partes del cielo se hallaban cubiertas tres fracciones; entonces el cielo cubierto se consideraba $3/8$ y parcialmente nublado.
- Si de las ocho partes del cielo se hallaban cubiertas cuatro fracciones; entonces la nubosidad se consideró al 50 % y cielo parcialmente nublado.
- Si las ocho partes del cielo están cubiertas de nubes al 100 % sin que se observara el sol; entonces el cielo se consideró nublado.

Control de la temperatura del agua en el interior de las botellas.

Se midió la temperatura del agua dentro de la botella con un termómetro graduado de 0 a 100 $\pm 0,1$ °C.

Pruebas microbiológicas

Se realizó el conteo según Amador y col., (1991) de:

- Coliformes totales siembra en placa petri en doble capa de agar rojo bilis violeta incubado durante 24 horas a 35 ± 2 °C.
- Mesófilos aerobios siembra en placa petri en agar nutriente incubado durante 48 horas a 35 ± 2 °C

Evaluación de la influencia de las condiciones climáticas en el calentamiento del agua dentro de la botella.

Se tomaron cuatro botellas plásticas transparentes (PET) de 1,5 L, las cuales se llenaron de agua y se expusieron a la radiación solar sobre una superficie de fibrocemento inclinada

aproximadamente 45 ° (Meierhofer y col., 2003). Se tomó la temperatura cada una hora desde muy temprano en la mañana (8 a 9 horas) hasta las 17 horas. Conjuntamente se observó la fracción de cielo cubierto.

Evaluación de la eficiencia del método SODIS bajo las condiciones climáticas de la zona de defensa Versalles – Coronela.

Se tomó agua de un pozo procedente de la zona en estudio, la misma se inoculó con *E. coli* en concentraciones entre 5 000 a 100 000 ufc/100 mL que corresponde a un agua clasificada como de muy alto riesgo (Meierhofer y col., 2003), posteriormente se procedió al llenado de las botellas plásticas transparentes de 1,5 L. Las botellas (4 botellas inoculadas y una sin inoculación) fueron expuestas a radiación solar según metodología SODIS. El muestreo se realizó extrayendo una botella a las 0, 3, 6 y 8 horas de exposición solar y en ese momento se tomó la lectura de la temperatura en la botella sin inocular, inmediatamente a las botellas muestreadas se les realizó la prueba microbiológica..

Evaluación de la calidad sensorial del agua

El agua tratada mediante radiación solar se evaluó con ocho jueces entrenados según la escala de clasificación de la calidad sensorial de los alimentos recogida en los Procedimientos Analíticos de Evaluación Sensorial (Zamora y Guerra, 2003), en la tabla 1 se muestra la escala de evaluación.

Evaluación del consumo de agua para beber y los hábitos de la población en cuanto al tratamiento del agua para su desinfección en la zona de defensa.

Para evaluar este aspecto se aplicó una encuesta a 100 domicilios de la zona, el cuestionario se presenta en el Anexo 1

Procesamiento de los resultados.

Para la estimación de la intensidad de la radiación UV-A (320 a 400 nm) a través de la observación de cielo cubierto se aplicó el modelo propuesto por Paltridge y Barton (1978) y los resultados se expresaron como intensidad horaria e intensidad acumulada durante el día en Wh/m².

Los resultados fueron procesados estadísticamente mediante el programa Stat graphics plus versión 5.1, donde se realizó estadística descriptiva y análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de la temperatura del agua en la botella según las condiciones climáticas.

Para la discusión y análisis de los resultados, el estado climático de los días se dividió en dos condiciones: Soleado –Parcialmente Nublado (S-PN) y Parcialmente Nublado - Nublado (PN-N), acorde a la variabilidad del tiempo.

En la tabla 2 y 3 se presentan los valores medios de las temperaturas del agua para las condiciones señaladas en cada hora.

Como puede apreciarse para la condición soleado parcialmente nublado la temperatura media se movió en el intervalo de 27,6 °C hasta 38,3 °C, coincidiendo este valor con las 15 horas, la dispersión fue baja. Para la condición parcialmente nublado – nublado la temperatura media se movió en el rango de 28,8 °C a 36,5 °C para las 14 horas, en esta condición existió mayor dispersión debido a las características climáticas.. Las temperaturas que se alcanzaron en el agua dentro de la botella son adecuadas para la aplicación del sistema SODIS.

Todos los datos para cada condición (S-PN; PN-N) de la temperatura del agua en la botella durante el tiempo de exposición solar fueron sometidos a análisis de regresión estadística, obteniéndose para cada condición un buen ajuste de la variación de la temperatura con el tiempo de exposición. Los resultados de la regresión para la condición soleado parcialmente -nublado (S-PN) se presentan a continuación:

$$\text{Temperatura}_{(S-PN)} = 22,6797 + 5,16257*\text{tiempo} - 0,425339*\text{tiempo}^2$$

$$R = 0,901; p \leq 99 \%$$

El ajuste obtenido es muy bueno dejando claro que el aumento de la temperatura del agua en la botella para esta condición no ocurre de forma lineal. Situación similar se presentó para la condición parcialmente nublado-nublado (PN-N) como puede apreciarse en la ecuación de regresión siguiente:

$$\text{Temperatura}_{(PN-N)} = 24,0393 + 4,38359*\text{tiempo} - 0,392545*\text{tiempo}^2$$

$$R = 0,635; p \leq 99\%$$

En este caso el ajuste es más bajo que para la condición S-PN pero estadísticamente significativo. Estas ecuaciones se presentan en forma gráfica en la figura 1, en la mismas puede apreciarse que en las primeras tres horas no existe una diferencia en el comportamiento, sin embargo a partir de este tiempo ya en la condición de parcialmente

nublado- nublado el calentamiento se hace más lento trayendo como consecuencia que el agua no alcance al final la misma temperatura que la condición soleado parcialmente nublado. En ambos casos se observa que ya a partir de las seis horas cesa el calentamiento y la tendencia es a disminuir la temperatura del agua en la botella.

Comportamiento de las radiaciones UV-A en la zona del Consejo del Poder Popular Versalles-Coronela según las condiciones climáticas.

En figura 2 se presentan las estimaciones de la radiación UV-A horaria para las condiciones climáticas analizadas, como puede observarse para la condición soleado-parcialmente nublado el valor promedio de mayor intensidad de radiación solar coincide con las 13 y 14 horas, la misma se movió en el intervalo de 29,51 Wh/m² hasta 39,41 Wh/m². Para la condición parcialmente nublado-nublado las intensidades de radiación UV-A se movió en el intervalo de 9,98 Wh/m² a 30,36 Wh/m² y la mayor intensidad se registró a las 9, 11 y 14 horas. En este caso existió mayor variabilidad por la presencia o no de nublados o tendencias a las lluvias.

En la figura 3 se presenta el comportamiento de la intensidad de UV A acumulada, como puede apreciarse para la condición soleado-parcialmente nublado la radiación UV-A acumulada promedio de acuerdo al tiempo de exposición se movió en un intervalo de 57,9 Wh/m² hasta 240 Wh/m² para siete horas de exposición solar. La dosis de radiación UV-A a las tres horas presentó un valor de 125 Wh/m² suficiente para la eliminación de microorganismos patógenos según lo reportado en la Guía SODIS (Meierhofer y col., 2003). Para la condición parcialmente nublado-nublado la intensidad de radiación acumulada promedio se movió en el intervalo de 49,5 Wh/m² hasta 191,7 Wh/m² para ocho horas de exposición solar.

La dosis de radiación UV-A de 98 Wh/m² a 130 Wh/m² es intervalo adecuado para la extinción de los microorganismos patógenos (Meierhofer y col., 2003).el cual puede lograrse bajo las condiciones climáticas de la zona de defensa entre las tres y cuatro horas de exposición solar.

Evaluación de la eficiencia del método SODIS bajo las condiciones climáticas en la zona del Consejo del Poder Popular Versalles – Coronela.

La evaluación se desarrolló en los meses de mayo y junio con la realización de cinco experimentos controlando la viabilidad de coliformes totales y mesófilos, en la tabla 4 se presentan las condiciones iniciales de los experimentos, así como las condiciones climáticas

de cada día, puede observarse que para todos los casos se partió de agua con alto grado de contaminación considerada de alto riesgo para la salud.

Los resultados del comportamiento de los coliformes de cada experimento se presentan en la figura 4, en la misma puede apreciarse que para todos los casos la eficiencia del método SODIS fue de 100 %; para un tiempo de exposición solar entre tres y seis horas al que les corresponde una dosis de radiación UV-A acumulada entre 121,9 Wh/m² y 148,7 Wh/m² y las temperaturas en que ocurrió la ausencia de células viables se movió entre 36 y 40,8 °C. En todos los casos se logró el efecto esperado en menos de ocho horas que es el tiempo recomendado como seguro por el método SODIS para los países donde se ha realizado e implantado el método. Es bueno resaltar que las dosis de radiación reportadas han sido más bajas, por lo que se justifica el mayor tiempo de exposición reportado por los autores (Encinas e Iriarte, 2005; Urquieta y col., 2005; Encinas, 2003; Meierhofer y col., 2003).

En la figura 5 aparece el comportamiento de la viabilidad de los mesófilos relacionados con el tiempo de exposición solar y las condiciones climáticas, estos resultados son muy similares, lográndose una eficiencia de 100 % para un tiempo entre tres y seis horas, excepto para el experimento 5 que solo se logró la eliminación de los mesófilos a las 8 horas de exposición que precisamente coincide con el de mayor concentración inicial.

Con estos experimentos se demuestra que independientemente de la condición climática en la zona de La Lisa con exposiciones de tres a seis horas es posible lograr un 100 % de eficiencia en el tratamiento de coliformes y mesófilos presentes en el agua, debe resaltarse que es muy poco probable alcanzar esos niveles de contaminación, por lo que en un tiempo más corto pudiera lograrse el efecto deseado.

Evaluación sensorial de la calidad del agua tratada.

Los resultados de la evaluación sensorial de la calidad del agua tratada mediante radiación solar se muestra en la tabla 5, la misma refleja que todas las muestras estaban libres de defectos al alcanzar en todos los casos la puntuación de 1 que se corresponde con la categoría de “ausente” Si se tiene en cuenta la escala de clasificación de la calidad sensorial de los alimentos recogida en los Procedimientos Analíticos de Evaluación Sensorial las muestras desinfectadas mediante radiación solar obtuvieron una puntuación total de 20 puntos y por tanto la evaluación cualitativa fue considerada de excelente. (Zamora y Guerra, 2003)

Resultados de la encuesta relacionada con el consumo de agua para beber en la zona del Consejo del Poder Popular Versalles – Coronela.

Los resultados de la encuesta realizada se presentan en forma grafica, en ellos se puede observar que la mayor fuente de abastecimiento de la población es la cisterna seguido de la toma del agua directa de los grifos del acueducto (figura 6).

En la figura 7 puede apreciarse que en el 57 % de los domicilios encuestados le aplican tratamiento al agua para beber y de estos un 87 % aplican el método de hervir con la implicación del gasto de combustible de gas de balón (figura 8 y 9)

En la figura 10 se presenta el comportamiento del consumo de agua para beber por domicilios, el valor medio de consumo de agua para beber resultó de 5,4 litros por domicilio

En la figura 11 aparece la respuesta a la pregunta relacionada con la tenencia de área soleada para dar tratamiento solar al agua, siendo la más abundante el balcón dado porque la mayoría de los habitantes en esta zona viven en edificios múltiples y en menor escala en apartamentos o casas con patios o terrazas

Si esta metodología la aplican las personas que tienen hábitos de hervir el agua se tendría un ahorro energético en las comunidades beneficiándose los habitantes y le traería al país una disminución del consumo de combustible por no hervir el agua sin perder la seguridad para la salud, por otro lado la población estaría preparada para tiempo de contingencias debido a que ya ha creado el hábito de consumir agua desinfectada por radiación solar.

La introducción de este método de desinfección del agua por radiación solar es muy simple a través de los Consejo del Poder Popular y la participación de salud pública mediante el médico de la familia en la capacitación de la población, así como los medios masivos de divulgación con que cuenta el país, sin gastos adicionales en la actividad de capacitación y entrenamiento de la población.

CONCLUSIONES

- Las condiciones climáticas de la zona del Consejo del Poder Popular Versalles-Coronela permiten alcanzar temperaturas adecuadas en el agua expuesta a radiación solar en botellas plásticas transparentes (PET), para la aplicación del método de desinfección de agua mediante radiación solar
- La intensidad de las radiaciones solares para los diferentes estados climáticos y horas del día en la zona analizada son suficientes para lograr un efecto de extinción de los microorganismos patógenos en un tiempo adecuado de exposición solar.

- La dosis de radiación necesaria para la eliminación de los microorganismos patógenos presentes en agua de pozo contaminada de muy alto riesgo puede ser de tres a seis horas en dependencia del grado de contaminación.
- Las muestras de agua desinfectadas mediante radiación solar evaluadas sensorialmente alcanzaron una puntuación de 20 puntos para una calificación de excelente.
- En la zona de La Lisa evaluada la mayor parte de sus habitantes hacen uso del agua de cisternas o directa del acueducto y un alto porcentaje le dan tratamiento al agua de beber fundamentalmente haciendo uso del método de hervir, el consumo promedio diario estimado fue de 5,4 L por domicilio.
- El método SODIS puede ser aplicado con seguridad para la desinfección de agua en situaciones excepcionales en las zonas de La Lisa

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AMADOR, R.; ÁVILES, D.; GUADALUPE, M y FERNÁNDEZ, E. *Manual de Laboratorio de Microbiología Sanitaria*. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, D.F.1991.

ANURADHA, R; SHEELA, R; VINOD, A; GUNNAR, H; KURYAN, G; VINOHAR; B; SULOCHANA, A; JAYAPRAKASH, M; ABRAHAM, J; GAGANDEEP, K .SOLAR Disinfection of Water for Diarrhoeal Prevention in Southern India. Published online 10 Jan 2006; *Arch. Dis. Child*.

CONROY, R. M., M. ELMORE-MEEGAN, T. M. JOYCE, K. G. MCGUIGAN, AND J.BARNES.. Solar disinfection of drinking water and incidence of diarrhoea in Maasai children: a controlled field trial. *Lancet* 1996, 348:1695–1697.

CONROY, R., M. ELMORE-MEEGAN, T. JOYCE, K. G. MCGUIGAN, AND J. BARNES.. Solar disinfection of drinking water protects against cholera in children aged under 6. *Arch. Dis. Child*. 2001, 85:293–295.

EL HABANERO DIGITAL. Las transformaciones en el sistema eléctrico nacional de Cuba. Disponible en: <http://www.elhabanero.cubaweb.cu/>. Junio 17, 2007.

ELMORE-MEEGAN. Solar disinfection of drinking water contained in transparent plastic bottles: characterizing the bacterial inactivation process. *J. Appl. Microbiol.* 1998, 84,1138–1148.

ENCINAS, J. P. *Evaluación de la eficiencia del Método SODIS en la inactivación de coliformes termotolerantes en tres regiones de Bolivia.* Tesis de Grado Lic. Biología U.M.S.S. Cochabamba- Bolivia. 2003, pp. 112 Disponible en: www.fundacionsodis.org

KEHOE, S. C., M. R. BARER, L. DEVLIN, AND K. G. MCGUIGAN.. Batch process solar disinfection is an efficient means of disinfecting drinking water contaminated with *Shigella dysenteriae* type I. *Lett. Appl. Microbiol.* 2004, 38:410– 414.

MCGUIGAN, K. G., T. M. JOYCE, R. M. CONROY, J. B. GILLESPIE, AND M. MEIERHOFER; R; WEGELIN, M.; DEL ROSARIO, X; GREMION, B; MERCADO; A; MAUSEZAHN, D; HOBBS, M; INDERGAND-ECHEVERRIA, B Y ARISTANTI, CH. Desinfección Solar de Agua. Guía de Aplicación. *Reporte SANDEC.* 2003, 7,3 - 84 Disponible en: www.fundacionsodis.org

MONTERO, O. *Alternativas para la desinfección del agua a nivel local en Cuba.* La Habana: INRI, 1994.

PALTRIDGE, G.; AND BARTON, I. *Erythemat Ultraviolet Radiation Distribution over Australia—the Calculations, Detailed Results and Input Data.* Division of Atmospheric Physics Technical Paper. 33, CSIRO, Melbourne, Australia. 1978.

SÁNCHEZ, N. Alternativas de desinfección del agua. *Reporte técnico de vigilancia.* 1997, Vol.2 No. 5, Abril 27. Disponible en: Biblioteca Virtual de Vigilancia en Salud

SMITH, R., S. KEHOE, K. G. MCGUIGAN, AND M. BARER. Effects of simulated solar disinfection on infectivity of *Salmonella typhimurium*. *Lett. Appl. Microbiol.* 2000, 31:284–288.

SOMMER, B., A. MARION, M. SOLARTE, C. DIEROLF, C. VALIENTE, D. MORA, R.RECHSTEINER, P. SETTERS, W. WIROJANAGUDS, H. AJARMEH, A. AL-HASSAN, AND M. WEGELIN.. SODIS—an emerging water treatment process. *J. Water Supply Res. Technol.—Aqua* 1997, 46:127–137.

WEGELIN, M MEIERHOFER, R; MERCADO, A SALADIN, M. Difusión mundial de la tecnología de SODIS *Desinfección solar del agua, de la Investigación a la aplicación Serie*

de publicaciones técnicas (Fundación SODIS) 2005.,No. 1 63 -70. Disponible en:
www.fundacionsodis.org

ZAMORA, E.; GUERRA, R. *Metodología general para elaborar el Procedimiento Analítico de Evaluación Sensorial de cualquier producto.* Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, MINAL, Agosto 2003

Tabla 1. Guía para la determinación de la puntuación total y la evaluación cualitativa

Rangos de las puntuaciones			
Evaluación cualitativa	Puntuación total	Restricciones	
		Características fundamentales	En el resto
		Mínimo	Mínimo
Excelente	19,0 - 20,0	4,8	4,7
Muy buena	18,0 – 19,0	4,6	4,4
Buena	15,6 – 17,9	4,0	3,8
Aceptable	12,0 – 15,5	3,0	3,0
Mala	Menor de 1,0	Menor de 3,0	

Tabla 2. Comportamiento de la temperatura del agua dentro de la botella según hora del día y para la condición soleado parcialmente nublado (n = 15).

Indicador estadístico	Horas del día							
	10	11	12	13	14	15	16	17
Media (°C)	27,6	32,0	34,5	36,9	37,9	38,3	37,6	36,5
Desviación estándar (°C)	2,2	1,3	2,1	1,7	1,7	1,8	2,2	2,7

Tabla 3. Comportamiento de la temperatura del agua dentro de la botella según hora del día y para la condición parcialmente nublado – nublado (n = 23)

Indicador estadístico	Horas del día							
	10	11	12	13	14	15	16	17
Media (°C)	28,8	31,1	34,3	35,9	36,5	36,3	35,6	31,9
Desviación estándar (°C)	2,7	3,3	3,1	2,7	2,7	3,42	3,4	4,0

Tabla 4. Condiciones iniciales de concentración de microorganismos en el agua y condición climática de cada experimento.

No de experimento	Rango Temperatura (°C)	Condición climática	Conteo (ufc/100mL)	
			Coliformes	Mesófilos
1	28 – 39	PN-N	100 000	300 000
2	28 – 43	PN-N	60 000	250 000
3	26 - 40,8	PN-N	40 000	1 500 000
4	28- 40,8	S-PN	5 000	700 00
5	28 - 40,8	S-PN	70 000	2 000 000

Tabla 5 Estadística descriptiva de las 12 variables analizadas a cinco muestras de agua desinfectada por radiación solar por los jueces adiestrados. (8)

Variable evaluada	n	Media	Mín	Máx	Desviación. estándar	Coefficiente de variación (%)
Color	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Partículas	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Turbidez	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Olor a cloro	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Olor amoníaco	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Olor petróleo	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Sabor ácido	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Sabor dulce	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Sabor amargo	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Sabor salado	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Sabor a hierro	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Sabor a cloro	5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00

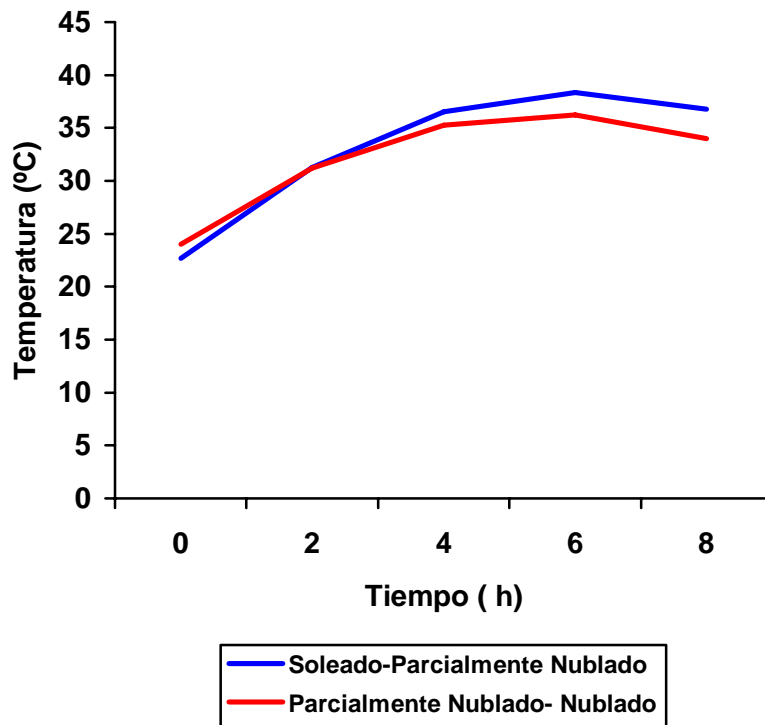


Figura 1. Comportamiento de la temperatura del agua en la botella según tiempo de exposición solar y condición climática.

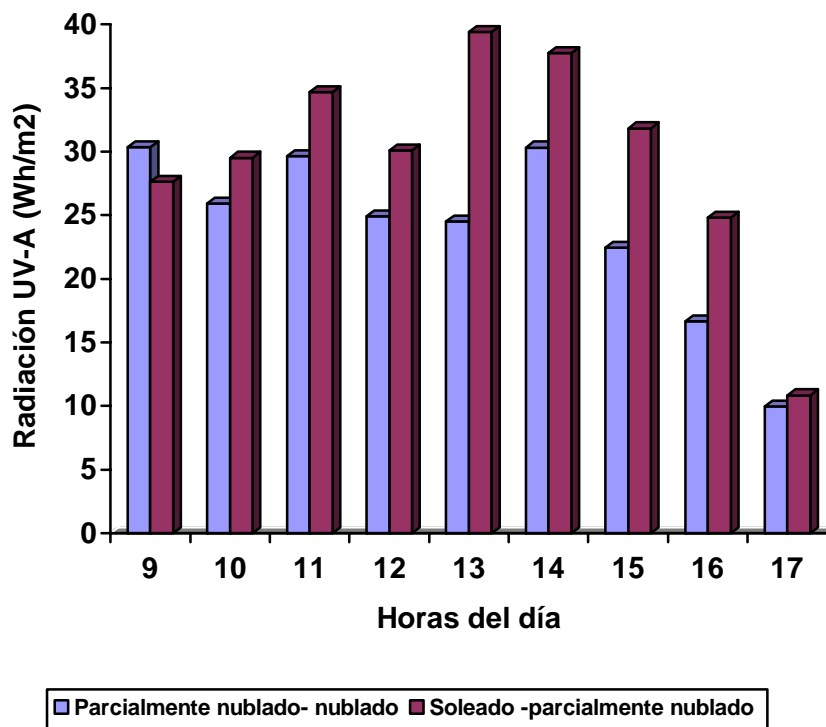


Figura. 2. Comportamiento de la radiación UV-A horaria según condición climática..

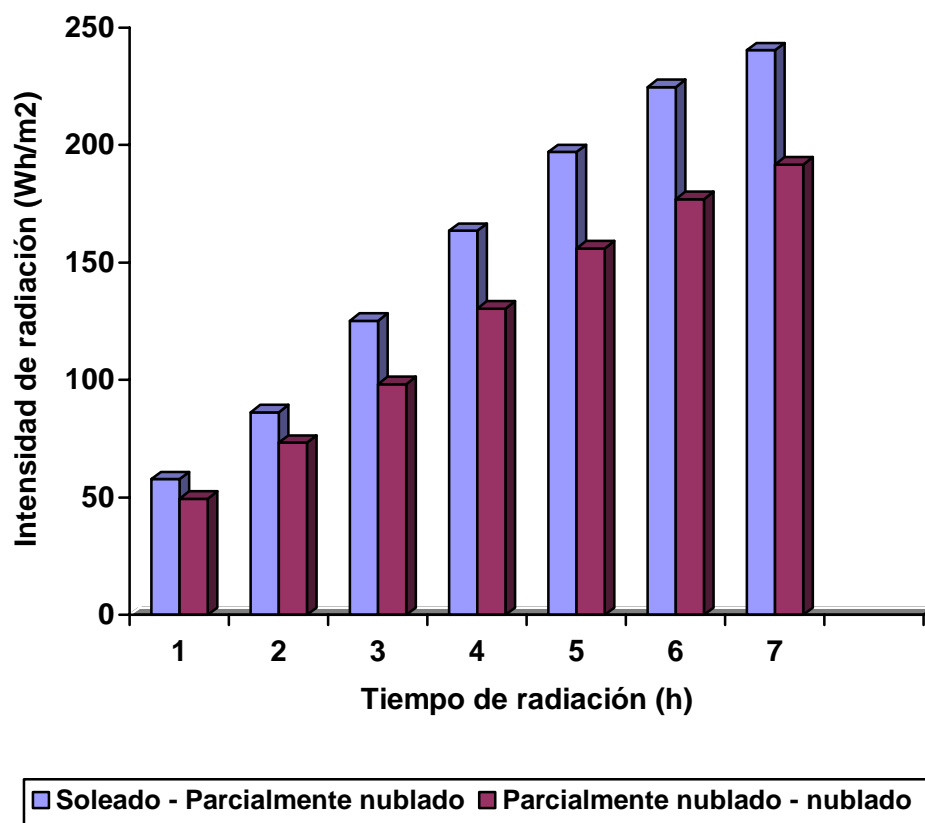


Figura 3. Intensidad la radiación acumulada para condición climática y tiempo de exposición solar.

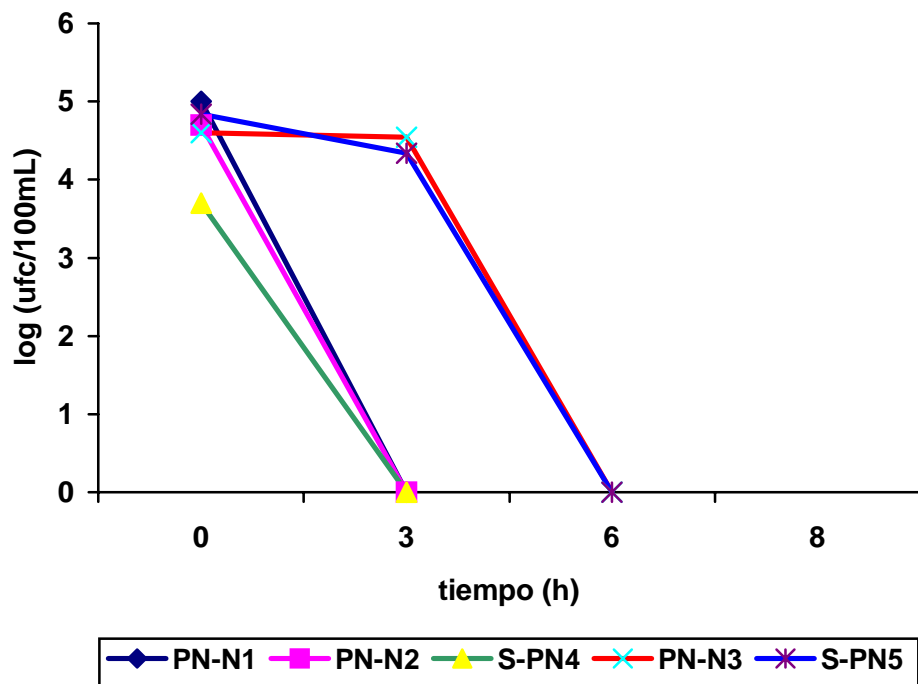


Figura 4. Comportamiento de la viabilidad de coliformes según condición climática..

1) 148,7 Wh/m²; 38 °C 2) 148,3 Wh/m²; 38 °C; 3) 148,3 Wh/m²; 36 °C; 4) 121,9 Wh/m²; 36 °C; 5) 250 Wh/m²; 40,8 °C

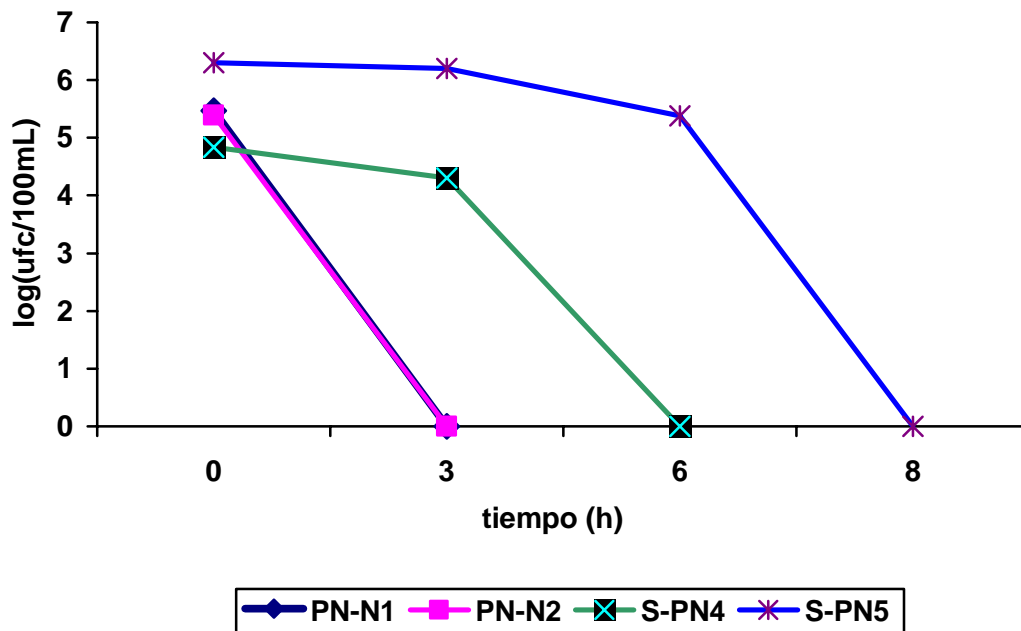


Figura 5. Comportamiento de la viabilidad de mesófilos con el tiempo de exposición solar y condiciones climáticas

1) 148,7 Wh/m²; 38 °C; 2) 148,3 Wh/m²; 38 °C;; 4) 121,9 Wh/m²; 36 °C; 5) 250 Wh/m²; 40,8 °C

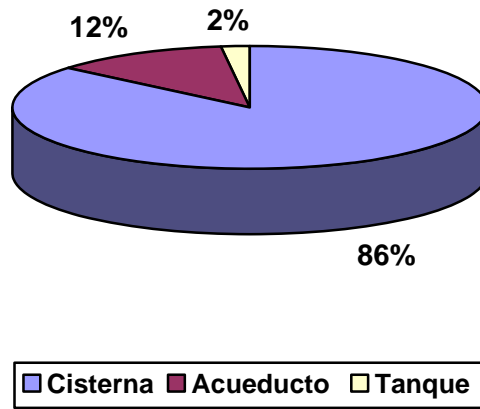


Figura 6. Fuente de abastecimiento utilizada para el agua de beber.

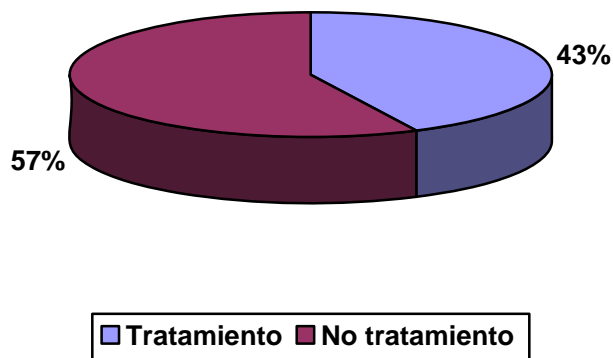


Figura 7. Relación de domicilios que dan o no tratamiento al agua para tomar.

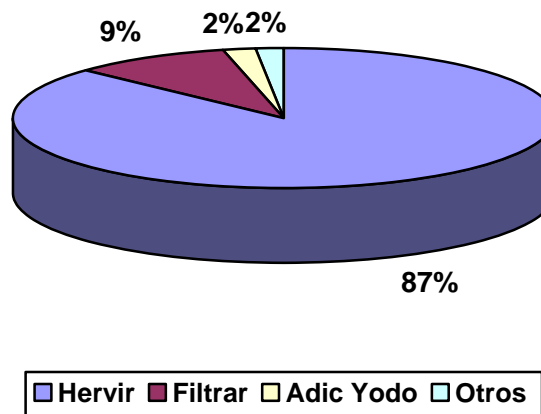


Figura 8. Relación del tipo de tratamiento utilizado en el agua para beber.

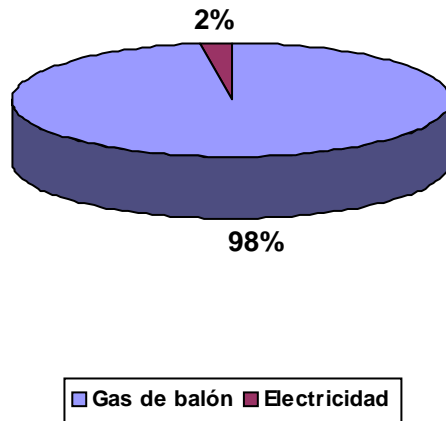


Figura 9. Fuente de energía utilizada para hervir el agua.

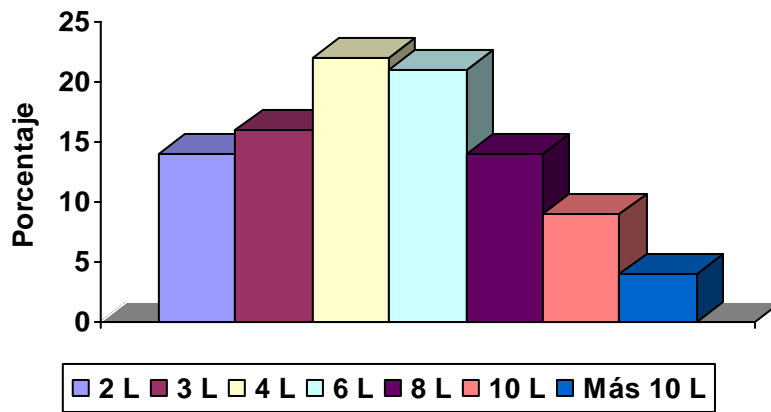


Figura 10. Comportamiento del consumo de agua para beber por domicilio.

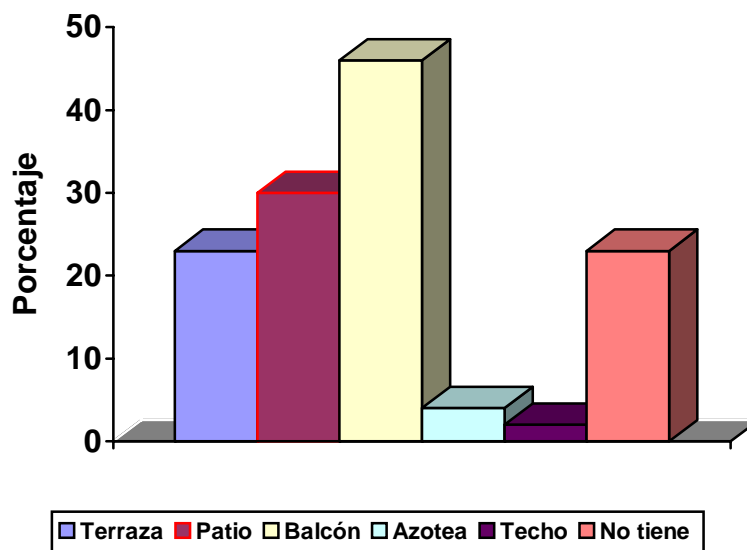


Figura 11. Comportamiento de la tenencia de área soleada por domicilios.

ANEXO 1. Cuestionario

Ud ha recibido un cuestionario relacionado con consumo de agua para beber lo cual forma parte de una investigación del Instituto de farmacia y Alimentos acerca de un nuevo método de tratamiento para el saneamiento del agua para consumo humano de forma muy fácil y económica. Las respuesta que ud de al respecto serán de gran valor para esta investigación, por lo que se le solicita sea lo más exacto posible..

Cuestionario.

Marque con una **X** la respuesta que corresponda.

1 Seleccione de cuál de las fuentes siguientes usted obtiene el agua para beber.

- Cisterna
- Directa del acueducto.
- Pozo
- Río
- Tanque

2. ¿Le aplica usted al agua para beber algún tipo de tratamiento previo?

Sí No -

3. En caso positivo, seleccione cual de estos tratamientos utiliza

- Hervir
- Filtración
- Adición de cloro
- Adición de yodo
- Otros

4. Si hierve el agua seleccione la fuente energética que usa.

- Carbón vegetal o leña.
- Electricidad
- Gas de balón
- Gas de la calle.
- Keroseno

5. Seleccione el volumen promedio de agua para beber que consumen en su hogar.

- 2 litros
- 3 litros
- 4 litros
- 6 litros
- 8 litros
- 10 litros
- mayor

6 Marque si cuenta con alguna de estas áreas soleadas:

- --balcón
- terraza
- patio
- Techo
- No tenencia

Muchas gracias por su colaboración en esta investigación.