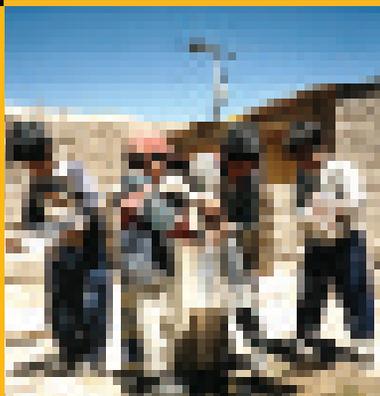




# Desinfección Solar del Agua

Guía de aplicación



# Desinfección Solar del Agua

---

Guía de aplicación

La presente guía ha sido elaborada por Regula Meierhofer y Martin Wegelin, en estrecha colaboración con Xiomara del Rosario Torres, Bruno Gremion, Alvaro Mercado, Daniel Mäusezahl, Michael Hobbins, Stephan Indergand-Echeverria, Beat Grimm y Christina Aristanti.

## Reporte SANDEC No 07/03

El Programa de Agua y Saneamiento (PAS) es una alianza internacional que apoya a la población más pobre a obtener acceso sostenido a servicios mejorados de agua y saneamiento. El PAS tiene presencia en más de 28 países y participa en actividades orientadas a contribuir a la reducción de la pobreza y al fortalecimiento de las capacidades locales. Las actividades del Programa en América Latina son apoyadas por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación y la Agencia Canadiense para la Cooperación Internacional.

La Fundación SODIS es una organización no gubernamental, cuyo objetivo principal es contribuir a mejorar las condiciones de vida de las personas que no tienen acceso a agua potable, mediante la difusión de la Desinfección Solar del Agua para consumo humano (SODIS) en América Latina. La Fundación cuenta con el respaldo científico del Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Ambiental (EAWAG) mediante su departamento de Agua y Saneamiento en Países en Desarrollo (SANDEC), además, de la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba-Bolivia.

Las interpretaciones y conclusiones vertidas en este documento son de responsabilidad de los autores. El PAS no garantiza la exactitud de los datos incluidos en esta publicación, ni acepta alguna responsabilidad, ni consecuencia de su uso.

El material de esta publicación es de propiedad intelectual de EAWAG/SANDEC, bajo el protocolo 2 de la Convención Universal de Derechos de Autor. Sin embargo, se concede permiso para reproducir este material total o parcialmente para propósitos educativos, científicos o en desarrollo, no así para fines comerciales, bajo la condición de: a) mención completa de la fuente y b) se envíe un pedido escrito a SANDEC.

Esta publicación es una traducción al español de la versión en inglés "Solar Water Disinfection" publicada por EAWAG/SANDEC (2002), ISBN Nr: 3-906484-24-6, que ha sido posible gracias al financiamiento y al apoyo brindado por el PAS, Región América Latina y el Caribe, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), UNICEF de Bolivia y la colaboración de las siguientes personas e instituciones:

### **Programa de Agua y Saneamiento, Región América Latina y el Caribe.**

Luis Tam : Gerente Regional  
Rafael Vera : Coordinador de País  
Oscar Castillo : Especialista en Desarrollo Comunitario e Institucional  
Beatriz Schippner : Oficial de Comunicaciones

Oficina Banco Mundial, Lima  
Álvarez Calderón 185, piso 9.  
San Isidro, Lima 27  
Perú  
Telf. (511) 615-0685  
Fax. (511) 615-0689

Email: [wspandean@worldbank.org](mailto:wspandean@worldbank.org)  
[www.wsp.org](http://www.wsp.org)

### **Aguasan - COSUDE**

Gilbert Bieler : Asesor del Sector de Agua y Saneamiento  
Los Halcones 277  
San Isidro, Lima 27  
Perú  
Telf. (511) 441-5616  
Email: [aguasan@tsi.com.pe](mailto:aguasan@tsi.com.pe)

### **Fundación SODIS Para América Latina**

Marcelo Encalada : Director  
Matthias Saladin : Director Adjunto  
Alvaro Mercado : Director Bolivia  
Ana Choque : Comunicadora

Oficina: Calle Sucre frente al parque La Torre  
(Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón, frente al Centro de Aguas)

Cochabamba, Bolivia, Casilla 5783  
Telf: (591-4) 4542259-4542348,  
Fax: (591-4) 4542259

Email: [sodis@supernet.com.bo](mailto:sodis@supernet.com.bo)  
[sodisla@fcyt.umss.edu.bo](mailto:sodisla@fcyt.umss.edu.bo)  
[www.fundacionsodis.org](http://www.fundacionsodis.org)  
[www.sodis.ch](http://www.sodis.ch)

# PREFACIO

## PREFACIO

La idea de la Desinfección Solar del Agua fue presentada por primera vez por Aftim Acra en un folleto publicado por UNICEF en 1984. Un equipo de investigación de EAWAG/SANDEC inició exhaustivos experimentos de laboratorio durante 1991, con el fin de evaluar el potencial de este método para inactivar bacterias y virus. La investigación de laboratorio reveló sinergias en la inactivación de microorganismos mediante el uso combinado de radiación UV-A y un incremento en la temperatura del agua. Las pruebas de campo confirmaron este efecto que amplía significativamente el potencial de este método de desinfección del agua utilizando la energía solar, conocido como SODIS. Posteriormente, se sometió este proceso simple de tratamiento del agua a pruebas de campo en proyectos de demostración para evaluar su aceptación sociocultural y económica por parte de la población. La respuesta y el interés por SODIS fueron muy positivos.

Posteriormente, EAWAG/SANDEC empezó la difusión mundial de SODIS con el fin de promover este método en áreas donde no se cuenta con agua segura. Desde 1999, se lanzaron iniciativas y actividades locales de aplicación de SODIS en varios países de América Latina, así como en Indonesia, Sri Lanka, India, Nepal, Pakistán, Uzbekistán, Kenya, Sudáfrica, Angola etc. EAWAG/SANDEC apoya a sus socios locales en la elaboración de material informativo sobre SODIS y en el desarrollo de estrategias de promoción, incluidas en campañas de publicidad del método a nivel internacional. La página Web de SODIS <http://www.sodis.ch> se usa como plataforma de comunicación para el intercambio de información y experiencias.

Dado que algunos de nuestros socios en países en desarrollo no cuentan con acceso a este centro de información, son necesarios todavía los documentos impresos. Esta guía sobre SODIS debe ser considerada como un documento de referencia para las personas interesadas en dicho método y contiene información acumulada durante más de una década de colaboración con nuestros socios en nuestras actividades de cooperación.

EAWAG/SANDEC agradece a SIMAVI World Water Fund que cofinanció algunos proyectos SODIS en Bolivia e Indonesia, a la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, COSUDE, que apoyó este proyecto desde su inicio, al Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial para América Latina y el Caribe, a UNICEF Bolivia y a la Fundación SODIS, que hicieron posible la publicación en español de esta guía y a las instituciones y personas involucradas en el proyecto SODIS por su colaboración y cooperación.

Nuestro especial agradecimiento a la Fundación AVINA y al Servicio de Liechtenstein para el Desarrollo (LED), por su fuerte apoyo financiero al programa de promoción de SODIS en América Latina, y a la Fundación SOLAQUA que brinda capital inicial para proyectos SODIS en África y Asia.

Quisiéramos expresar nuestros sinceros agradecimientos a: Regula Meierhofer, Xiomara del Rosario Torres, Bruno Gremion, Alvaro Mercado, Daniel Mäusezahl, Michael Hobbins, Stephan Indergand-Echeverria, Beat Grimm y Christina Aristanti, quienes recopilaron la información contenida en esta guía y a Sylvie Peter por la cuidadosa edición de la versión en inglés que sirvió de base para el nuevo documento en español. De la misma manera a José Zuleta, Luis Tam, Rafael Vera, Beatriz Schippner, Ana Choque, Marcelo Encalada, Matthias Saladin y Alvaro Mercado, que hicieron posible la edición de la presente guía en español.

Finalmente, pero no por ello en menor medida, quisiéramos extender nuestro agradecimiento a los socios de los países de América Latina, que implementan SODIS, por su motivación y dedicación demostradas en su trabajo y esfuerzos para mejorar la situación de la salud de las familias que no tienen acceso al consumo de agua segura.

Dübendorf, junio 2003



Martin Wegelin  
Oficial del Programa



Roland Schertenleib  
Director de SANDEC

# SINTEISIS



Don Ángel de Potosí, Bolivia. Un usuario permanente de la tecnología SODIS.

## SODIS en síntesis

La Desinfección Solar del Agua (SODIS) es una solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible para el tratamiento de agua para consumo humano a nivel doméstico, en lugares en los que la población consume agua cruda y microbiológicamente contaminada.

El método SODIS usa la energía solar para destruir los microorganismos patógenos que causan enfermedades transmitidas por el agua y de esa manera mejora la calidad del agua utilizada para el consumo humano. Los microorganismos patógenos son vulnerables a dos efectos de la luz solar: la radiación en el espectro de luz UV-A (longitud de onda 320-400nm) y el calor (incremento en la temperatura del agua). Se produce una sinergia entre estos dos efectos, ya que el efecto combinado de ambos es mucho mayor que la suma de cada uno de ellos independientemente. Esto implica que la mortalidad de los microorganismos se incrementa cuando están expuestos a la temperatura elevada y a la luz UV-A simultáneamente.

SODIS es ideal para desinfectar pequeñas cantidades de agua con baja turbiedad. Se llena el agua contaminada en botellas de plástico transparente, las cuales se exponen a la luz solar durante seis horas. La exposición al sol destruye los patógenos. Cuando la nubosidad es mayor de 50%, es necesario exponer las botellas de plástico durante 2 días consecutivos para obtener agua segura para el consumo humano.

Sin embargo, si la temperatura del agua supera los 50°C, una hora de exposición es suficiente para obtener agua segura. Es posible mejorar la eficacia del tratamiento si las botellas de plástico se exponen a la luz solar mediante superficies reflectoras como calaminas de aluminio o fierro corrugado.

## ÍNDICE

### SECCIÓN I: DESARROLLO DE SODIS

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. La calidad del agua a nivel mundial	9
1.2. Abastecimiento de agua: De sistemas centralizados a un enfoque centrado en el hogar	10
1.3. Transmisión de patógenos por agua	11
- Características de los patógenos	11
- Múltiples rutas de transmisión y posibles intervenciones	12
- Clasificación de la calidad del agua	14
1.4. Cómo se desarrolló la idea de SODIS (Esbozo histórico)	14
1.5. Ventajas y limitaciones de SODIS	17

### SECCIÓN II: MARCO TÉCNICO Y PRINCIPIOS PARA LA APLICACIÓN DE SODIS

2. ASPECTOS TÉCNICOS	19
2.1. Efecto de la radiación UV-A y de la temperatura	19
- Efectos de la radiación UV	19
- Efectos de la temperatura (radiación infrarroja)	19
- Proceso SODIS: Efecto sinérgico de la radiación UV-A y temperatura	20
2.2. Efecto de SODIS en los patógenos	20
- Indicadores usados para probar la eficacia de SODIS	21
2.3. El factor Clima	21
- Variación geográfica de la radiación solar	21
- Variaciones estacionales y diarias de la radiación solar	22
2.4. Turbiedad del agua	23
- Prueba de turbiedad del agua	23
2.5. Oxígeno	23
2.6. Material y forma de los recipientes	24
- Botellas de plástico: ¿ PET o PVC ?	24
- ¿Botellas de plástico o botellas de vidrio?	24
- Forma de los recipientes	24
- Envejecimiento de las botellas de plástico	25
- Productos fotoquímicos	25
2.7. Procedimiento de aplicación	26
- Preparación	26
- Procedimiento para la exposición	26
- Lineamientos para incrementar la eficacia de SODIS	26

### SECCIÓN III: LA APLICACIÓN EN CAMPO

3. LA APLICACIÓN EN EL CAMPO	29
3.1. Pruebas de SODIS en diferentes condiciones	29

# INDICE

3.2. Eficacia de SODIS en la investigación de campo	30
- Calidad fisicoquímica del agua	30
- Calidad microbiológica del agua	30
- Análisis de la eficacia de SODIS en talleres de demostración	31
- Calidad del agua a nivel de los usuarios	31
- Las botellas y el soporte para las botellas	32
- Influencia de las condiciones climáticas	34
- Manejo de SODIS a nivel de usuarios	34
- Conclusiones sobre la eficacia de SODIS en el campo	36
3.3. Lecciones aprendidas durante la aplicación en campo	37
3.4. Beneficios de SODIS para la salud	37
- Tipo de enfermedades reducidas por SODIS	37
- Indicadores usados para evaluar los beneficios del uso de SODIS para la salud	37
- Resultados de estudios de campo sobre los beneficios de SODIS para la salud	38
- ¿Puede usarse SODIS para los bebés?	38
- Otras limitaciones en el uso de SODIS	39

## SECCIÓN IV: IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

4. CAPACITACIÓN DE LOS PROMOTORES	41
4.1. Enfoque y métodos de capacitación	41
- Métodos usados para capacitar a los promotores	41
4.2. Material de capacitación	43
4.3. Lecciones aprendidas durante la capacitación de promotores	44

## SECCIÓN V: CAPACITACIÓN DE LOS USUARIOS

5.1. Conducción de una evaluación de necesidades a nivel comunal	47
5.2. Enfoques y métodos de capacitación	48
- Capacitación de familias individuales	48
- Capacitación de grupos comunales	49
- SODIS en los jardines de niños	51
- SODIS en las escuelas	52
5.3. Aspectos culturales y recursos locales	54
- Aspectos culturales	54
- Botellas	54
5.4. El rol de la educación en higiene	55
5.5. Material de capacitación	57
5.6. Lecciones aprendidas de la capacitación a los usuarios	57

## SECCIÓN VI: PROMOCIÓN DE SODIS A NIVEL NACIONAL

6.1. Diferentes niveles de promoción	61
--------------------------------------	----

# INDICE

6.2. Aceptación a nivel comunal	61
- Factores que contribuyen a la aceptación de SODIS en las comunidades	62
- Lecciones aprendidas sobre la aceptación a nivel comunal	63
6.3. Cooperación con las autoridades	63
- Actividades para desarrollar la cooperación con las autoridades	63
- Lecciones aprendidas sobre la cooperación con los gobiernos	64
6.4. Construcción de redes	64
- Red de instituciones que promueven SODIS en diferentes países	65
6.5. Material de promoción	65
<b>LISTA DE REFERENCIAS</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>71</b>
Anexo A: Rotafolio	71
Anexo B: Afiches para colocar en las casas	80
Anexo C: Afiches para colocar en las casas	81
Anexo D: Historias cortas para la radio	82
Anexo E: Panfletos sobre SODIS	83
Anexo F: Juego SODIS	85
Anexo G: Respuestas a Preguntas Frecuentes	86



# 1. INTRODUCCION



## 1.1. La calidad del agua a nivel mundial

El agua en suficiente cantidad y buena calidad es esencial para la vida; sin embargo, a principios del año 2000, la sexta parte de la población mundial, es decir, más de mil millones de personas, no tenían acceso a un abastecimiento mejorado de agua potable y muchas más carecían de acceso a agua segura. Las siguientes tecnologías son consideradas como "abastecimiento mejorado de agua": conexión domiciliaria, grifo público, pozo perforado, pozo excavado protegido, vertiente protegida y recolección de agua de lluvia. La calidad del agua en los sistemas mejorados de abastecimiento con frecuencia se ve afectada por una operación no confiable y la falta de mantenimiento o porque el agua está expuesta a contaminación secundaria durante la recolección, el transporte o el almacenamiento.

La falta de acceso a agua de buena calidad provoca un riesgo de enfermedades transmitidas por el agua tales como: diarrea, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A, disentería amébrica o bacteriana y otras enfermedades diarreicas. Cada año, 4,000 millones de casos de diarrea causan 2,200 millones de muertes, mayormente entre niños menores de cinco años. Esto equivale a que un niño muera cada 15 segundos o a que 20 aviones jumbo se estrellen cada día. Estas muertes representan aproximadamente 15% del total de muertes de niños menores de 5 años en los países en desarrollo. Aparte de la elevada mortalidad infantil, la diarrea afecta el desarrollo físico de numerosos niños en los países pobres. Las diarreas frecuentes constituyen una causa de malnutrición infantil, la que a su vez incrementa la probabilidad de que los niños mueran de una enfermedad infecciosa, como una diarrea o una enfermedad respiratoria aguda. Cálculos estimados recientes sugieren que la malnutrición es una causa asociada a aproximadamente la mitad de todas las muertes de niños en los países en desarrollo.

La situación de la salud pública en los países en desarrollo puede conducir abruptamente a una propagación espectacular de epidemias. El cólera, por ejemplo, sigue constituyendo un riesgo de tales brotes epidémicos. Es endémico en más de 80 países y todavía es una preocupación en todas las regiones del mundo. El número de muertes causadas por el cólera ha descendido en las últimas décadas gracias a la aplicación de métodos de tratamiento simples y adecuados (terapia de rehidratación oral). Es necesario contar con métodos adecuados de tratamiento del agua y evitar la contaminación secundaria del agua potable, además de una promoción de la higiene, para evitar que la población sin acceso a agua potable segura se enferme y muera.

El simple acto de lavarse las manos con agua y jabón puede reducir en un tercio la transmisión de diarrea, por lo tanto, la promoción de métodos de tratamiento doméstico del agua debe ir siempre acompañada de capacitación en higiene. Tres hábitos de higiene son los que generan el mayor beneficio:

- Lavarse las manos con jabón (ceniza u otros)
- Efectuar una disposición segura de las heces
- Manipular y almacenar agua en forma segura.

Por lo tanto, se requiere una combinación de tratamiento del agua, almacenamiento seguro del agua, educación sanitaria y saneamiento adecuado para obtener un efecto positivo duradero en la salud pública.



## 1.2. Abastecimiento de agua: De sistemas centralizados a un enfoque centrado en el hogar.

En el pasado, los gobiernos de los países en desarrollo han invertido grandes esfuerzos en la instalación de plantas de tratamiento y sistemas de abastecimiento de agua de gran sofisticación, especialmente en áreas urbanas.

Sin embargo, las plantas de tratamiento convencionales con frecuencia no llegan a producir agua segura para el consumo humano. La falta de operadores capacitados y de un suministro confiable de productos químicos y repuestos, así como los problemas financieros, frecuentemente dificultan que la operación y mantenimiento de los sistemas sean confiables. La escasez de agua produce interrupciones en el abastecimiento y las fugas en los sistemas de distribución empeoran la situación. Además, el rápido crecimiento de la población en las áreas urbanas impone una excesiva carga sobre la infraestructura de agua y saneamiento existente y crea enormes problemas en la planificación y construcción de nueva infraestructura.

Por lo tanto, los habitantes de muchos centros urbanos en los países en desarrollo, así como la población rural, tienen acceso sólo a agua de mala calidad. En consecuencia, el tratamiento del agua para hacerla segura para el consumo humano sigue siendo responsabilidad de cada familia. Las opciones que dependen solamente de soluciones centralizadas con uso intensivo de tiempo y recursos dejarán a cientos de millones de personas sin acceso a agua segura, por lo que es necesario promocionar métodos que apoyen directamente a las familias.

Por lo general, para reducir la contaminación fecal del agua utilizada para el consumo humano, se recomiendan los siguientes métodos de tratamiento de aplicación doméstica:

- El almacenamiento de agua en la casa es un método simple de sedimentación para mejorar la calidad del agua. Sin embargo, la sedimentación simple sólo puede remover parcialmente la turbiedad y los coliformes fecales (el indicador común usado para cuantificar el grado de contaminación fecal). El principal riesgo para la

salud en relación con el almacenamiento doméstico del agua es el riesgo de su recontaminación a través de prácticas de manipulación inadecuadas.

- Hervir el agua mata virus, parásitos y bacterias patógenos. Se recomienda hervir el agua durante un minuto al nivel del mar, añadiendo un minuto más por cada 1000 metros de altitud. La principal desventaja de hervir el agua es la gran cantidad de energía requerida, lo que hace que este método sea económica y ambientalmente insostenible.

- La pasteurización del agua logra el mismo efecto que hervir el agua usando temperaturas de sólo 70°C-75°C, pero requiere un tiempo de exposición mayor, aproximadamente 10 minutos.

- La filtración del agua, usando filtros caseros simples, como filtros de cerámica, piedra y arena, removerá una gran parte de la materia sólida, pero posiblemente no remueva todos los microorganismos. Los filtros comerciales son relativamente caros y los filtros fabricados con material local generalmente tienen una eficacia limitada con respecto a la mejora en la calidad microbiológica del agua.

- La desinfección con cloro se usa para matar microorganismos (bacterias y virus), pero no es suficientemente efectiva para inactivar a los parásitos patógenos (como la Giardia, el Cryptosporidium y los huevos de helmintos). Este tipo de tratamiento requiere el suministro de cloro líquido o en polvo. La aplicación la debe realizar personal calificado, pues el cloro es una sustancia peligrosa y corrosiva. El agua tratada con cloro tiene un sabor que a muchos les disgusta.

- La desinfección solar del agua (SODIS) es un método de tratamiento simple que usa la radiación solar (luz UV-A y temperatura) para destruir las bacterias y los virus patógenos presentes en el agua. Su eficacia para matar protozoarios depende de la temperatura alcanzada por el agua durante la exposición al sol y de las condiciones climáticas. Se coloca el agua contaminada microbiológicamente en recipientes transparentes, los cuales son expuestos a la luz solar durante 6 horas. Este método no puede usarse con agua muy turbia, con una turbiedad mayor a 30 UNT. SODIS es un método de tratamiento del agua que:

- mejora la calidad microbiológica del agua para consumo humano,
- no cambia el sabor del agua,
- es aplicable a nivel doméstico,

- es de aplicación simple,
- se basa en recursos naturales y energía renovable,
- es replicable con bajos costos de inversión.

### 1.3. Transmisión de patógenos por agua

Los patógenos transmitidos por agua pertenecen a los grupos de bacterias, virus y parásitos. Si bien con frecuencia los virus no se detectan en el agua ni en el huésped, pueden representar el mayor grupo de agentes patógenos, seguidos por los parásitos y las bacterias.

#### Características de los patógenos

Muchos patógenos comunes no sólo se transmiten por agua sino que también siguen otras rutas de infección. Los malos hábitos de higiene frecuentemente son una fuente significativa de infección. Además, en los países en desarrollo se observa con frecuencia una contaminación secundaria del agua para consumo, debido a un manejo inadecuado. Por lo tanto, las intervenciones dirigidas a mejorar la calidad del agua deben considerar siempre la introducción de diversos mensajes referidos a la higiene, a través de la combinación de dichas medidas, es posible lograr efectos positivos significativos en la salud de la población objetivo.

Los principales factores que influyen en la importancia de los patógenos transmitidos por agua incluyen su capacidad para sobrevivir en el ambiente y el número necesario para infectar a un huésped (humano). En el cuadro 1 se presentan los patógenos más conocidos y con mayor distribución, así como sus características.

Las bacterias *Vibrio cholerae*, *Shigella*, *Salmonella* así como diferentes cepas patógenas de *E. coli* son los patógenos más importantes transmitidos por agua. Las enfermedades gastrointestinales causadas por estas bacterias pueden ser serias y generalmente requieren tratamiento. La deshidratación como consecuencia de una diarrea profusa es frecuente entre niños menores

de 5 años en los países en desarrollo. Las epidemias de cólera son causadas principalmente por *Vibrio cholerae* transmitido por agua; por lo tanto, el tratamiento del agua es la medida más importante para la prevención de las epidemias de cólera.

Las enfermedades virales son generalmente sintomáticas y agudas con períodos relativamente cortos, alta liberación de virus, baja dosis infecciosa y una variedad restringida de huéspedes.

Aún cuando los helmintos y protozoarios generalmente no causan diarreas agudas, representan un grupo importante de patógenos. Una infección con protozoarios puede causar problemas crónicos de digestión, que pueden conducir a una malnutrición. Los niños malnutridos tienen mayor probabilidad de sufrir diferentes tipos de infecciones. La *Giardia spp.* y el *Cryptosporidium spp.* son dos protozoarios transmitidos regularmente a través del agua, ambos patógenos tienen una etapa de quiste, que es muy resistente a las influencias ambientales. Ello les permite sobrevivir durante largo tiempo fuera de cualquier huésped. La ingestión de los quistes puede causar enfermedades. Las infecciones asintomáticas son muy comunes y apoyan la difusión de estos patógenos.



Mujeres de zona rural recogiendo agua. Bolivia.



Familia de una comunidad rural en el Perú. El agua también se contamina en el proceso de la manipulación.

Cuadro 1: Patógenos transmitidos por agua / Importancia para la salud y rutas de transmisión

Patógeno	Influencia en la salud	Rutas de transmisión	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua	Dosis infecciosa
<b>Bacterias</b>				
Campilobacter jejuni, C. coli	Alta	- Contacto persona a persona	Moderada	Moderada
E. coli patógeno	Alta	- Contaminación doméstica	Moderada	Alta
Salmonella typhi	Alta	- Contaminación del agua	Moderada	Alta
Otras salmonellas	Alta	- Contaminación de cultivos	Prolongada	Alta
Shigella spp	Alta		Corta	Moderada
Vibrio cholerae	Alta		Corta	Alta
Yersinia enterocolitica	Alta		Prolongada	Alta
Pseudomonas ae.	Moderada		Puede multiplicarse	Alta (?)
Aeromonas spp	Moderada		Puede multiplicarse	Alta (?)
<b>Virus</b>				
Adenovirus	Alta	- Contacto persona a persona	?	Baja
Virus de la polio	Alta	- Contaminación doméstica	?	Baja
Virus de la hepatitis A	Alta	- Contaminación del agua	?	Baja
Virus de la hepatitis no A	Alta		?	Baja
Enterovirus	Alta		Prolongada	Baja
Virus Norwalk	Alta		?	Baja
Virus tipo Norwalk (NLV)	Moderada		?	Baja(?)
Rotavirus	Alta		?	Moderada
<b>Protozoarios</b>				
Entamoeba histolytica	Alta	- Contacto persona a persona	Moderada	Baja
Giardia spp	Alta	- Contaminación doméstica	Moderada	Baja
Cryptosporidium spp	Alta	- Contaminación mediante animales	Prolongada	Baja

### Múltiples rutas de transmisión y posibles intervenciones.

La aplicación de SODIS mejora la calidad del agua para consumo humano, reduciendo de esa manera el riesgo de contraer una enfermedad transmitida principalmente por vía del agua que se bebe. Desafortunadamente, muchas de las enfermedades transmitidas por agua tienen **múltiples rutas de transmisión**.

En consecuencia, los **patógenos causantes de la diarrea** pueden transmitirse a los humanos a través de los alimentos, por el contacto persona a persona, las moscas o inadecuados hábitos de higiene (como no lavarse las manos). Los niños están particularmente expuestos a muchas formas de infección, tal como se ilustra en el gráfico 1: mediante heces, dedos, moscas/

insectos, comida, campo/ambiente y fluidos/ agua.

Las intervenciones que enfrentan simultáneamente a las diferentes rutas de contaminación, como la transmisión por el agua y el suelo, así como la contaminación secundaria, son más efectivas. Si, además, junto con la tecnología, se difunde educación sobre higiene en general, es posible prevenir otras importantes rutas de transmisión, como el contacto persona a persona o la transmisión a través de alimentos. Así, las intervenciones múltiples pueden lograr un considerable efecto en la salud de la población.

Las intervenciones en puntos específicos del ciclo de manejo del agua deben tomar en cuenta las características y tácticas de supervivencia del patógeno específico.

Por ejemplo, las medidas de salud pública contra el protozooario *Giardia spp.* deben centrarse en la parte final de la ruta de contaminación. La *Giardia spp.* abunda en el ambiente, tiene una amplia variedad de huéspedes (como perros, vacas, cerdos, humanos) y es altamente resistente a los factores ambientales (por medio del desarrollo de etapas de quiste). Por lo tanto, es muy probable una recontaminación del agua purificada, lo cual se puede evitar si se purifica el agua en el punto final de la ruta de contaminación: en el hogar, poco antes de consumir el agua.

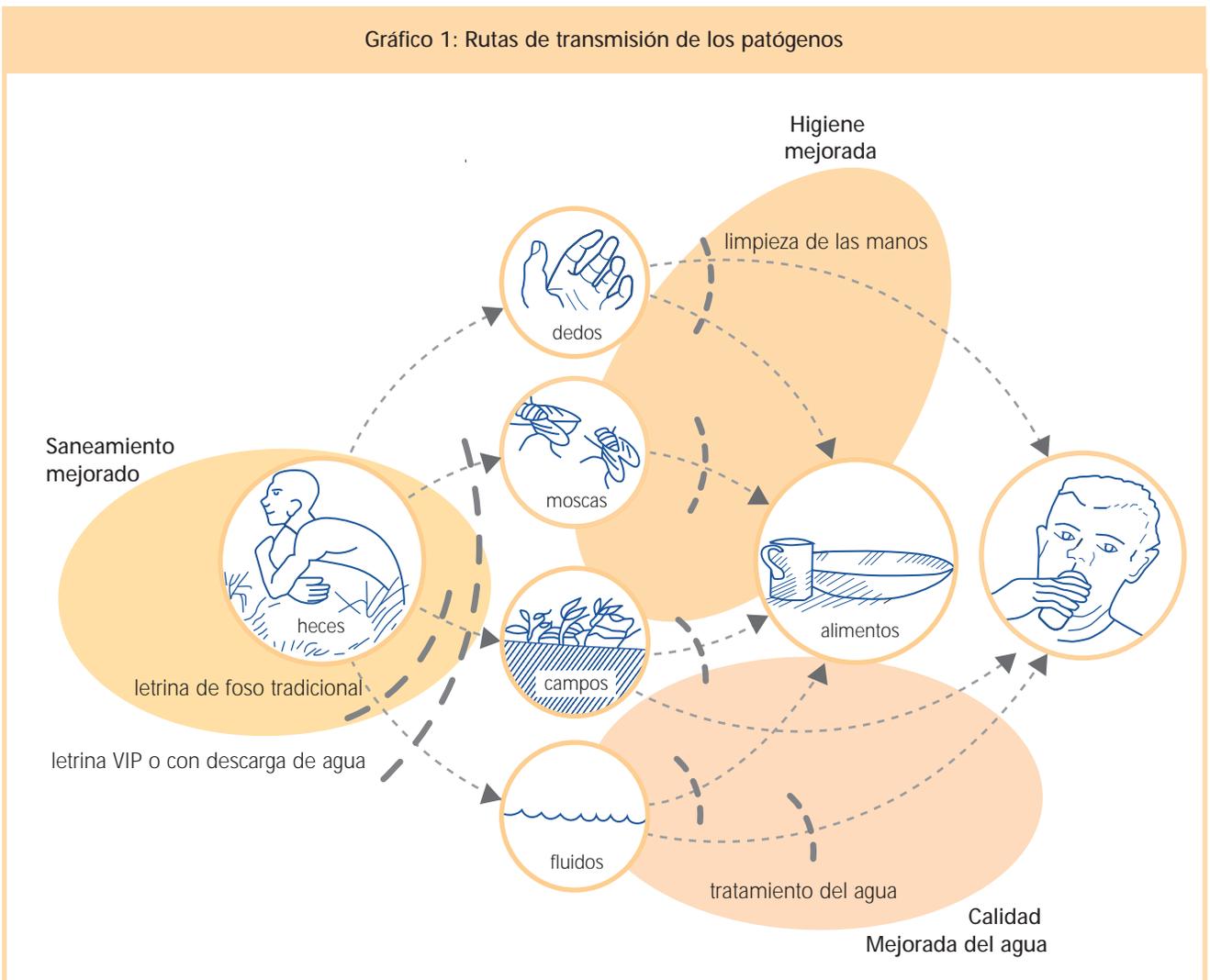
Cuando las infecciones virales ocurren en gran escala, se necesitan intervenciones de salud pública que tomen en cuenta los problemas de calidad del agua y la educación en higiene. Esto debido a que se liberan virus en

grandes cantidades, la dosis infecciosa es baja y es muy probable una transmisión secundaria del virus de persona a persona. Sin embargo, debido a que la variabilidad de huéspedes es baja (no hay transmisión de animal a humano), contar con hábitos de higiene puede ser suficiente para impedir la contaminación del agua.



El descuido en la higiene personal y ambiente de vivencia son vehículos que podrían llevar a enfermedades digestivas, principalmente en niños menores de 5 años.

Gráfico 1: Rutas de transmisión de los patógenos



Fuente: Winblad U. & Dudley F. 1997 (modificadas)



Cubrir el agua de los envases de transporte es una medida que contribuye a disminuir el nivel de contaminación.

### Clasificación de la calidad del agua

El riesgo en relación con los diferentes niveles de contaminación con coliformes fecales debe evaluarse considerando las circunstancias locales. El riesgo relacionado con una contaminación específica se incrementa con el número de personas servidas por un mismo sistema de abastecimiento de agua; por lo tanto, al incrementarse el tamaño del sistema de abastecimiento de agua, los criterios de calidad se hacen más estrictos (es decir, las normas de calidad para ciudades son más exigentes que para las pequeñas comunidades). Sin embargo, SODIS es un método de desinfección usado a nivel del abastecimiento de una sola familia; razón por la cual, los criterios para este sistema aplicado en el punto de consumo no tienen que ser demasiado estrictos. La Guía de la OMS, Vol. 1, clasifica la presencia de 1-10 coliformes fecales o E. coli en 100 ml de agua como bajo riesgo y una concentración de 10-100 ml como riesgo intermedio.

El cuadro 2 presenta un sistema de clasificación del riesgo que tiene para la salud consumir agua contaminada con coliformes fecales.

Cuadro 2: Clasificación de los coliformes fecales en las fuentes de agua. (5)	
No. de coliformes por 100 ml.	Observación
0	Cumple con las normas de la OMS
1-10	Bajo riesgo
10-100	Riesgo intermedio
100-1000	Alto riesgo
> 1000	Muy alto riesgo

### 1.4. Cómo se desarrolló la idea de SODIS - Esbozo Histórico

La investigación sobre la desinfección solar del agua la inició el profesor Aftim Acra de la American University de Beirut. El trabajo de Acra motivó a la Asociación de Sistemas Integrales de Energía Rural (INRESA) a lanzar un proyecto ramificado en 1985. En 1988, el Brace Research Institute de Montreal organizó un taller para revisar los resultados de esta investigación de campo.

En 1991, un equipo interdisciplinario compuesto por ingenieros sanitarios, fotoquímicos, bacteriólogos y virólogos de EAWAG/SANDEC inició exhaustivas pruebas de laboratorio y de campo para evaluar el potencial de SODIS y desarrollar un método de tratamiento del agua eficaz, sostenible y de bajo costo.

En el pasado, se han usado dos procesos distintos para el tratamiento del agua usando energía solar con el fin de mejorar la calidad microbiológica del agua. El primero, la radiación UV, se ha usado por su efecto bactericida; el segundo, la radiación infrarroja para elevar la temperatura del agua, se conoce como pasteurización. Durante la primera fase de la investigación, los investigadores de EAWAG combinaron los dos efectos y descubrieron una fuerte sinergia entre la radiación y el calor. Los experimentos demostraron que a una temperatura del agua de 50°C, sólo se necesita la cuarta parte de la cantidad de luz UV requerida a 30°C para inactivar la misma cantidad de coliformes fecales.

A una temperatura del agua de unos 30°C, se requiere alcanzar una intensidad de radiación solar de por lo menos 500 W/m<sup>2</sup> (toda luz espectral) durante unas 5 horas para lograr una efectividad adecuada de SODIS. Esta dosis contiene energía de 555 Wh/m<sup>2</sup> en el rango de la luz UV-A y la luz violeta, 350-450 nm, correspondiente a unas 6 horas de luz solar de verano (europeo), al mediodía, en una latitud promedio.

Durante la segunda fase del proyecto de investigación, se probaron varios tipos de recipientes en condiciones de campo, usando diferentes calidades del agua y condiciones climáticas. Se usaron materiales disponibles localmente, como botellas de plástico, vidrio y bolsas de plástico. Durante la fase de prueba, los investigadores elaboraron guías de operación para el método de tratamiento del agua.

Durante la tercera fase, se estudió la aceptación sociocultural, la aplicabilidad y la viabilidad financiera de SODIS a través de proyectos de demostración en comunidades de Colombia, Bolivia, Burkina Faso, Togo, Indonesia, Tailandia y China. El estudio para determinar la aceptación sociocultural de SODIS reveló que los usuarios aprecian la sostenibilidad y simplicidad de este método de tratamiento del agua. Un promedio de 84% de los usuarios señaló que definitivamente continuaría usando SODIS luego de concluidos los proyectos de demostración. Aproximadamente 13% de ellos señaló que consideraría usarlo en el futuro y sólo 3% de los usuarios se rehusó a usar SODIS en la medida que su salud no se veía afectada por la calidad del agua que venía consumiendo.



Las botellas de PET demostraron ser los mejores recipientes para SODIS.

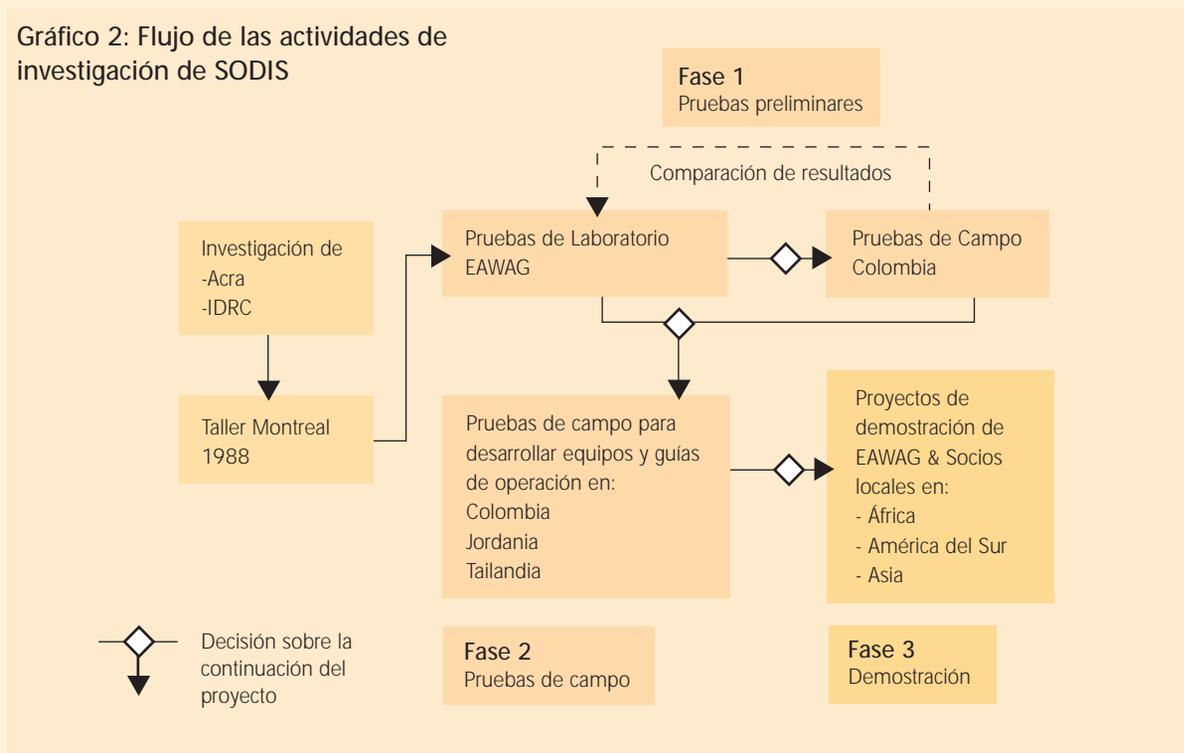
### Cuadro 3: Resultados de la encuesta sobre la aceptación de SODIS

Continuaré usando SODIS				
País	Definitivamente	Quizás	Probablemente no	Definitivamente no
Colombia	90	8	0	2
Bolivia	93	0	0	7
Burkina Faso	70	30	0	0
Togo	93	0	0	7
Indonesia	90	5	3	2
Tailandia	97	0	0	3
China	55	45	0	0
promedio	84	12,6	0,4	3

Las tres fases del proyecto de investigación respondieron a las siguientes preguntas.

Fase	Pregunta	Actividad
1	¿Puede usarse la luz solar para la desinfección del agua?	Pruebas preliminares Se realizaron exhaustivas pruebas de laboratorio y de campo para determinar el potencial y las limitaciones del proceso.
2	¿Cómo se debe diseñar y operar las instalaciones para la desinfección solar del agua?	Pruebas de campo Se realizaron pruebas de campo para desarrollar equipos y guías de operación para el método de tratamiento del agua. Se usó material disponible localmente, como botellas de vidrio y plástico y bolsas de plástico. Se realizaron pruebas de campo con instituciones locales de Colombia, Jordania y Tailandia.
3	¿La desinfección solar del agua es culturalmente aceptable y financieramente viable?	Demostración Se realizaron proyectos de demostración para estudiar la aceptación sociocultural y los aspectos financieros de SODIS. Los socios locales en Colombia, Bolivia, Burkina Faso, Togo, Indonesia, Tailandia y China llevaron a cabo los proyectos.

Gráfico 2: Flujo de las actividades de investigación de SODIS



## SODIS – un método sostenible para la desinfección del agua

Testimonio de Martin Wegelin, SANDEC

Mis expectativas eran muy grandes mientras viajábamos nuevamente a Melikan, una pequeña localidad rural a unas 2 horas en carro de Yogyakarta. Cuatro años atrás, Yayasan Dian Desa (YDD), una ONG local, había seleccionado esta localidad para un proyecto de demostración destinado a probar el método SODIS en campo. En el centro mismo de Melikan existe un pequeño lago, que es la fuente más importante de agua para la comunidad. Los pobladores se bañan y lavan sus ropas en el lago, el que también se usa para abrevar el ganado y como fuente de agua para consumo humano. Hace cuatro años, el agua no siempre era hervida antes de consumirla, debido a la escasez de leña. Los niños que jugaban fuera no podían ser convencidos de no beber el agua cruda y como consecuencia de esto, los niños y adultos de Melikan sufrían frecuentemente de episodios de diarrea.

SODIS tuvo una buena aceptación por parte de los pobladores de Melikan, a los cuales se capacitó cuidadosamente en el uso de este nuevo método de

tratamiento. Fueron en especial las mujeres las que se mostraron muy interesadas en SODIS, pues ellas tenían que levantarse muy temprano por la mañana para juntar leña y hervir el agua que sus esposos llevaban al campo. SODIS les facilitaría la vida, pues sólo tendrían que llenar una botella de plástico con agua y exponerla al sol durante el día. Cuando sus esposos partieran al campo en la mañana, ellas simplemente les darían la botella que habían tratado durante el día anterior.

Tres años atrás, había conocido a muchas personas que promocionaban las diferentes ventajas de SODIS. Dos niñas sonreían mientras me mostraban qué simple era aplicar el método SODIS. Pero, ¿habría durado este entusiasmo por SODIS? ¿Los pobladores habrían reemplazado las botellas rotas?

Entramos en carro a la localidad y nos detuvimos en la casa del líder comunal. El líder nos informó que las mujeres eran las responsables de la aplicación de SODIS. Luego de la visita, caminamos por la localidad y descubrimos muchas botellas expuestas a la luz solar, en el techo o en soportes especiales. Mi corazón empezó a latir más rápido cuando nos acercamos a la casa de mis pequeñas amigas. Cerca a la casa, vimos botellas de SODIS echadas sobre un soporte de madera

mucho más alto que el que habíamos usado hace 3 años. Hablamos con una mujer que amamantaba a un bebé. Ella era la madre de la dos niñas. Cuando se lo pedimos, llamó a sus hijas y por la esquina aparecieron dos adolescentes saludables, en lugar de las niñas pequeñas que había conocido hace 3 años. El soporte de madera no era lo único que había crecido desde mi última visita. Las niñas también habían crecido considerablemente. Nuevamente me sonrieron, especialmente cuando les entregué el afiche de SODIS con su foto en la que mostraban lo simple que era aplicar el método. Su uso continuo del método de tratamiento del agua demuestra que SODIS es sostenible en Melikan, al igual que podría serlo en otros lugares del mundo.

## 1.5. Ventajas y limitaciones de SODIS

### Ventajas de SODIS

- SODIS mejora la calidad microbiológica del agua para consumo humano.
- SODIS mejora la salud de la familia.
- SODIS puede servir como un punto de entrada para la educación en salud e higiene.
- Los sistemas públicos de abastecimiento de agua en los países en desarrollo frecuentemente no garantizan el suministro de agua segura para el consumo humano.
- SODIS brinda a los usuarios individuales un método simple que se puede aplicar a nivel del hogar bajo su propio control y responsabilidad.
- SODIS es fácil de entender.
- SODIS está al alcance de todos, pues los únicos recursos necesarios son la luz solar, que es gratis, y botellas de plástico.
- SODIS no requiere de gran infraestructura costosa, por lo que es fácilmente replicable en proyectos de autoayuda
- SODIS reduce la necesidad de fuentes tradicionales de energía, como la leña, el kerosén y el gas. En consecuencia, el uso de SODIS reduce tanto la deforestación, un problema ambiental importante en la mayoría de los países en desarrollo, como la contaminación del aire creada



La aplicación de SODIS es tan simple que incluso niñas pequeñas pueden hacerlo. Tailandia.

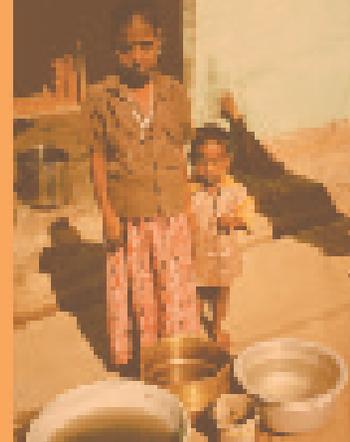
por la combustión de fuentes convencionales de energía.

- Las mujeres y los niños con frecuencia dedican gran parte de su tiempo y energía en recoger leña. SODIS reduce esta carga, pues es necesario obtener menos leña.
- Ventajas financieras: Es posible reducir los gastos familiares, al mejorar la salud de sus integrantes, ya que se requieren menos recursos financieros para la atención médica. Además, se reducen los gastos en fuentes tradicionales de energía, como gas, kerosén y leña. Sólo se requieren recursos limitados para la adquisición de botellas plásticas transparentes; por lo tanto, incluso los más pobres pueden tener acceso a SODIS.

### Limitaciones de SODIS

- SODIS requiere suficiente radiación solar; por lo tanto, depende de las condiciones climáticas.
- SODIS requiere que el agua no esté turbia.
- SODIS no cambia la calidad química del agua.
- SODIS no es útil para tratar grandes volúmenes de agua.

## 2. ASPECTOS TECNICOS



### 2.1. Efecto de la radiación UV-A y de la temperatura

SODIS usa dos componentes de la luz solar para la desinfección del agua: El primero, la radiación UV-A, tiene efecto germicida y el segundo componente, la radiación infrarroja, eleva la temperatura del agua y genera el efecto de pasteurización cuando la temperatura llega a 70-75°C. El uso combinado de la radiación UV-A y del calor produce un efecto de sinergia que incrementa la eficacia del proceso.

#### Efectos de la radiación UV

La radiación solar puede dividirse en tres rangos de longitud de onda: radiación UV, luz visible y radiación infrarroja. El ojo humano no puede percibir la radiación UV que tiene un rango de radiación muy agresiva que puede causar daños severos a la piel y los ojos y puede destruir las células vivas. Afortunadamente, la mayoría de la luz UV-C y UV-B en el rango de 200 a 320 nm es absorbida por la capa de ozono (O<sub>3</sub>) en la atmósfera que protege a la tierra de un gran porcentaje de la radiación solar proveniente del espacio. Sólo una fracción de la radiación UV-A, con un rango de longitud de onda más alto, 320 a 400 nm, cercano a la luz violeta visible, llega a la superficie de la tierra.

La luz UV-A tiene un efecto letal en los patógenos presentes en el agua que afectan a los humanos. Estos patógenos no se adaptan bien a las condiciones ambientales agresivas, pues sus condiciones de vida específicas son las del tracto gastrointestinal humano. Por lo tanto, son más sensibles a la luz solar que los organismos que abundan en el ambiente.

La radiación UV-A interactúa directamente con el ADN, los ácidos nucleicos y las enzimas de las células vivas, cambia la estructura molecular y puede producir la muerte de la célula. La radiación UV también reacciona con el oxígeno disuelto en el agua y produce formas

altamente reactivas de oxígenos (radicales libres de oxígeno y peróxidos de hidrógeno). Estas moléculas también interfieren con las estructuras celulares y matan a los patógenos.

#### Efectos de la temperatura (radiación infrarroja)

Otro aspecto de la luz solar es la radiación de onda larga, denominada infrarroja. Esta radiación tampoco la puede ver el ojo humano, pero podemos sentir el calor producido por la luz con una longitud de onda superior a 700 nm. La radiación infrarroja absorbida por el agua es responsable de su calentamiento.

Los microorganismos son sensibles al calor. El cuadro 4 presenta la temperatura y el tiempo de exposición necesarios para eliminar microorganismos. Puede verse que el agua no tiene que hervir para matar el 99.9% de los microorganismos y el calentamiento del agua a 50-60°C durante una hora tiene el mismo efecto.

Cuadro 4: Resistencia térmica de microorganismos

Microorganismos	Temperatura para una desinfección al 100%		
	1 min.	6 min.	60 min.
Enterovirus			62°C
Rotavirus			63°C por 30 min
Coliformes fecales			
Salmonella		62°C	58°C
Shigella		61°C	54°C
Vibrio cholerae			45°C
Quistes de entamoeba histolytica	57°C	54°C	50°C
Quistes de giardia	57°C	54°C	50°C
Huevos y larvas de gusano ganchudo		62°C	51°C
Huevos de áscaris	68°C	62°C	57°C
Huevos de esquistosoma	60°C	55°C	50°C
Huevos de tenia	65°C	57°C	51°C

## Proceso SODIS: Efecto sinérgico de la radiación UV-A y la temperatura

A una temperatura del agua de 30°C, se requiere una fluencia de 555 W\*h/m<sup>2</sup> (350-450 nm, dosis de radiación solar correspondiente a aproximadamente **6 horas de luz solar de verano al mediodía y a una latitud media**) para lograr una reducción de 3 ordenes logarítmicos (por ejemplo de 1000 UFC/100 ml. a 1 UFC/100 ml) en los coliformes fecales. Bajo estas condiciones sólo está presente el efecto de la radiación UV-A.

Sin embargo, la tasa de inactivación de los coliformes fecales expuestos a la luz del sol se incrementa significativamente cuando están presentes 2 factores de tensión, la radiación UV-A y el incremento en la temperatura del agua. A una temperatura del agua de 50°C, se produce un efecto sinérgico de la radiación UV-A y la temperatura: una reducción de 3 órdenes logarítmicos de los coliformes fecales sólo requiere una fluencia de **140 W\*h/m<sup>2</sup>**. Esto es equivalente a un tiempo de **exposición de sólo una hora**.

Gráfico 3: Inactivación de los coliformes fecales en una botella PET sobre un fondo negro

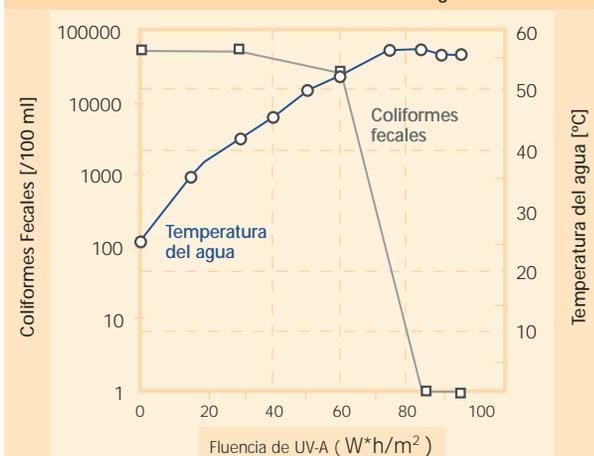


Gráfico 4: Efecto sinérgico de la radiación UV y la temperatura sobre los coliformes fecales en agua cruda



## 2.2. Efecto de SODIS en los patógenos

Los patógenos que afectan a los humanos se adaptan a vivir en los intestinos de las personas, donde encuentran un ambiente húmedo y oscuro y temperaturas que oscilan entre los 36°C y los 37°C. Una vez descargados en el medio ambiente, estos patógenos son muy sensibles a las condiciones fuera del cuerpo humano. No pueden tolerar temperaturas elevadas y no tienen ningún mecanismo de protección contra la radiación UV. Por lo tanto, es posible usar la temperatura y la radiación UV para inactivar a estos patógenos.

Las investigaciones han demostrado que SODIS destruye las bacterias y los virus patógenos. Se ha documentado la inactivación de los siguientes microorganismos:

- **Bacterias:** Escherichia coli (E.coli), Vibrio cholerae, Streptococcus faecalis, Pseudomonas aeruginosa, Shigella flexneri, Salmonella typhii, Salmonella enteritidis, Salmonella paratyphi.
- **Virus:** Bacteriófagos f2, Rotavirus, Virus de la Encefalomiocarditis.
- **Levaduras y mohos:** Aspergillus niger, Aspergillus flavus, Candida, Geotrichum.

Sin embargo, todavía no se ha evaluado sistemáticamente la inactivación de organismos que forman quistes y esporas como protozoarios, Entamoeba histolytica, Giardia intestinalis, Cryptosporidium parvum y helmintos, mediante la desinfección solar del agua.

Es posible destruir estos organismos usando la temperatura (hirviendo o pasteurizando el agua). Todos los microorganismos tienen una sensibilidad específica al calor. El punto de muerte térmica de los quistes de amebas y Giardia es 57°C (durante 1 minuto de exposición). SODIS destruirá eficazmente estos patógenos si el agua en las botellas expuestas a la luz solar alcanza la temperatura de 57°C durante 1 minuto o si el agua contaminada mantiene una temperatura de 50°C durante 1 hora.

La mayoría de patógenos que ataca a los humanos es muy frágil; fuera del cuerpo humano no puede multiplicarse y muere. Una de las pocas excepciones la constituye la Salmonella, la cual, sin embargo, requiere condiciones ambientales favorables (como un suministro

adecuado de nutrientes) para sobrevivir.

Es importante señalar que SODIS no produce agua estéril. Organismos, diferentes a los patógenos que afectan a los humanos, por ejemplo las algas, se adaptan bien a las condiciones ambientales dentro las botellas de SODIS y pueden incluso desarrollarse allí; sin embargo, estos organismos no representan un peligro para la salud humana.

En la medida que SODIS no produce agua estéril, es necesario usar parámetros adecuados para evaluar su eficacia.

### Indicadores usados para probar la eficacia de SODIS

Muchos patógenos transmitidos por agua pueden detectarse, pero requieren métodos analíticos complicados y costosos. En vez de medir directamente la presencia de patógenos, es más fácil usar organismos indicadores que señalan la presencia de contaminación fecal en el agua. Un organismo indicador de contaminación fecal tiene que cumplir los siguientes requisitos:

- Estar presente en altas cantidades en las heces humanas,
- Ser detectable mediante métodos simples,
- No crecer en aguas naturales,
- Su persistencia en el agua y su remoción mediante métodos de tratamiento del agua deben ser similares los patógenos transmitidos por agua.

Muchos de estos criterios los cumple el organismo conocido como *Escherichia coli* (*E.coli*, coliforme fecal). El *E.coli* es, por lo tanto, un buen organismo indicador para determinar la contaminación fecal del agua si los fondos para el análisis bacteriológico son limitados. Un punto importante es que también es posible realizar pruebas para detectar la presencia de *E. coli* en condiciones de campo difíciles en los países en desarrollo, por ejemplo, usando el kit portátil para pruebas en campo DelAgua (<http://www.eihms.surrey.ac.uk/robens/env/ddelagua.htm>)

Sin embargo, algunos organismos, como los Enterovirus, el *Cryptosporidium*, la *Giardia* y las Amebas son más resistentes que el *E. coli*. Por lo tanto, la ausencia de *E. coli* no indica necesariamente que los otros organismos no estén presentes. Es posible usar las esporas de clostridia que reducen el sulfito como indicadores de la



Uso del kit de pruebas DelAgua para examinar la calidad del agua, con niños de una escuela de Potosí, Bolivia.

presencia de estos organismos, pero tales métodos analíticos no se pueden usar para pruebas rutinarias en condiciones de campo, pues demandan mucho tiempo y son costosos.

Las bacterias coliformes totales no se pueden usar como indicador de la calidad sanitaria del agua cruda, pues abundan naturalmente en el ambiente.

El recuento total de bacterias tampoco es un parámetro adecuado para la evaluación de la eficacia de SODIS, pues organismos inocuos, como las bacterias ambientales y las algas, pueden crecer durante la exposición de una botella de SODIS a la luz solar.

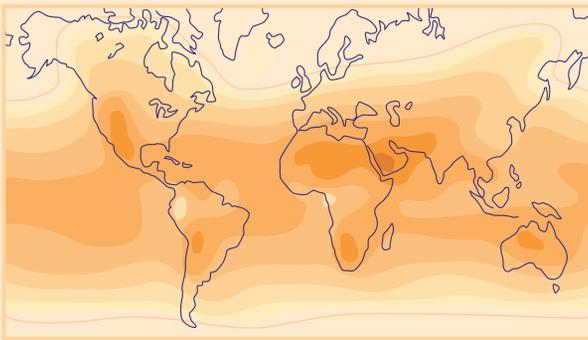
### 2.3. El factor clima

La eficacia de SODIS depende de la cantidad de luz solar disponible; sin embargo, la radiación solar se distribuye de manera irregular y su intensidad varía de una ubicación geográfica a otra, dependiendo de la latitud, la estación y la hora del día.

#### Variación geográfica de la radiación solar

Las regiones más favorables para aplicar SODIS se ubican entre las latitudes 15°N y 35°N (así como 15°S y 35°S). Estas regiones semiáridas se caracterizan por la mayor cantidad de radiación solar. Más del 90% de la

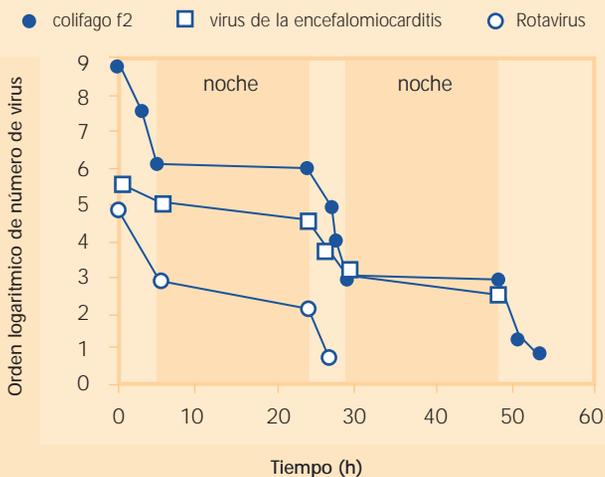
Gráfico 5: Radiación solar diaria en diferentes regiones geográficas



1 2 3 4 5 6 7

kWh/m<sup>2</sup> (radiación total diaria)

Gráfico 6: Operación prolongada de SODIS (3 días)



luz solar toca la tierra como radiación directa, debido a la limitada cobertura nubosa y la poca precipitación (menos de 250 mm de precipitación y generalmente más de 3000 horas de luz solar anualmente).

La segunda región más favorable está ubicada entre las latitudes 15°N y 15°S. Debido a la alta humedad y la frecuente cobertura nubosa, la cantidad de radiación, a pesar de ser intermitente, es alta en esta región (unas 2,500 horas de luz solar anualmente).

Es importante señalar que la mayoría de países en desarrollo están ubicados entre las latitudes 35°N y 35°S. Por lo tanto, pueden basarse en la radiación solar como fuente de energía para la desinfección solar del agua para consumo humano.

### Variaciones estacionales y diarias de la radiación solar.

La intensidad de la radiación solar UV-A muestra variaciones estacionales y diarias.

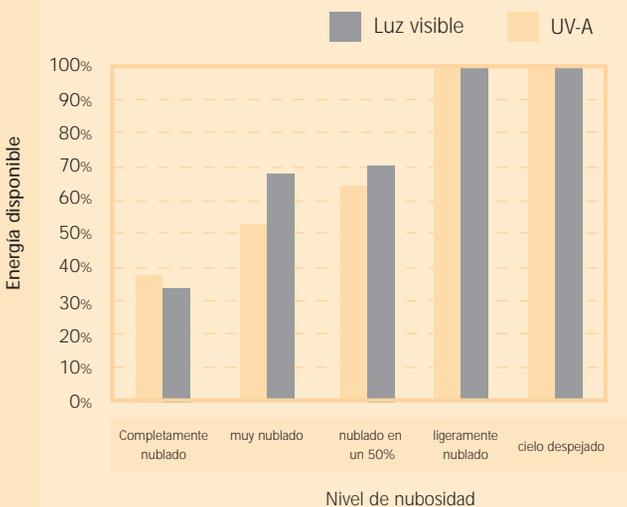
La **variación estacional** depende de la latitud y es la principal responsable del clima en la región. Las regiones cerca de la línea ecuatorial experimentan menos variación en la intensidad de la luz durante el año que las regiones en el hemisferio norte o sur. Por ejemplo, en Beirut (latitud: 33°N), la intensidad de la radiación UV-A llega a un nivel pico de 18 W/m<sup>2</sup> en junio y desciende a 5 W/m<sup>2</sup> en diciembre.

Las variaciones estacionales de la radiación solar son importantes para la aplicabilidad del método de desinfección solar del agua. Antes de la implementación de SODIS en un lugar específico, es necesario determinar las intensidades estacionales de la radiación. Para que SODIS sea eficaz, es necesario contar con una intensidad total de radiación solar de por lo menos 500 W/m<sup>2</sup> durante aproximadamente 6 horas.

La intensidad solar también está sujeta a **variaciones diarias**. Al incrementarse la nubosidad, se cuenta con menos energía de radiación. Durante días completamente nublados, la intensidad de la radiación UV-A se reduce a un tercio de la intensidad registrada durante un día despejado.

Durante días muy nublados, las botellas de SODIS tienen que estar expuestas durante dos días consecutivos para alcanzar la radiación requerida y garantizar la inactivación de los patógenos.

Gráfico 7: Pérdida de energía solar disponible en diferentes condiciones climáticas



La eficacia de SODIS depende de la cantidad de energía solar disponible:

- La botella se expone al sol durante 6 horas si el cielo está despejado o con una nubosidad de hasta 50%.
- La botella se expone al sol durante 2 días consecutivos si el cielo está nublado más de 50%.
- A una temperatura del agua de por lo menos 50°C, un tiempo de exposición de 1 hora es suficiente.
- Durante los días con lluvias continuas, SODIS no funciona satisfactoriamente. En estos días se recomienda hervir el o recolectar agua de lluvia.

## 2.4. Turbiedad del agua

Las partículas suspendidas en el agua reducen la penetración de la radiación solar en el agua e impiden que los microorganismos sean irradiados. Por lo tanto, la eficacia de desinfección de SODIS se ve reducida en agua turbia.

=> SODIS requiere agua relativamente clara con una turbiedad menor a 30 UNT (= Unidad Nefelométrica de Turbiedad).

Si la turbiedad del agua es mayor a 30 UNT, es necesario pretratar el agua antes de exponerla a la luz solar. Los sólidos y partículas más grandes se pueden eliminar almacenando el agua cruda durante un día y dejando que las partículas se asienten en el fondo y luego, se decanta el agua. Se puede separar la materia sólida mediante filtración, usando una capa de arena o un paño. También se puede reducir la turbiedad mediante floculación/sedimentación, usando sulfato de aluminio o semillas trituradas de Moringa oleifera.

De no ser posible reducir la turbiedad mediante diferentes mecanismos de pretratamiento, es posible inactivar los microorganismos mediante la temperatura en lugar de mediante la radiación UV-A (mediante pasteurización solar o hirviendo el agua).

## 2.5. Oxígeno

SODIS es más eficaz en agua con altos niveles de oxígeno: la luz solar produce formas altamente reactivas de oxígeno (radicales libres de oxígeno y

### Prueba de turbiedad del agua

Coloque la botella llena de agua verticalmente sobre el logo de SODIS sobre una mesa en la sombra. Mire a través del pico hacia el fondo de la botella. Si puede leer las letras del logo de SODIS a través del agua, la turbiedad del agua es menor a 30 UNT. Si puede ver los rayos de sol del logo, la turbiedad es menor a 20 UNT.



Gráfico 8: Reducción de la radiación UV-A en función de la profundidad de agua (cm.) y su turbiedad.

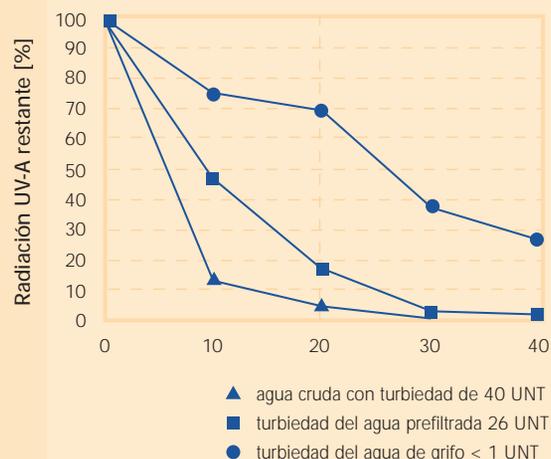
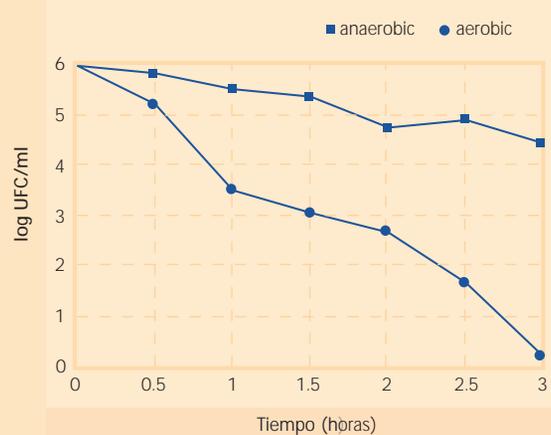


Gráfico 9: Inactivación de Escherichia coli en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.



La contaminación por coliformes fecales se mide en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por 100 ml de muestra de agua.

peróxidos de hidrógeno) en el agua. Estas moléculas reactivas reaccionan con las estructuras celulares y matan a los patógenos.

=> La aeración del agua puede lograrse agitando una botella llena en sus tres cuartas partes durante unos 20 segundos, antes de llenarla completamente y exponerla al sol.

## 2.6. Material y forma de los recipientes

### Botellas de plástico: ¿PET o PVC?

Varios tipos de materiales plásticos transparentes son buenos transmisores de luz en el rango UV-A y visible del espectro solar. Las botellas de plástico están hechas de PET (tereftalato de polietileno) o PVC (cloruro de polivinilo). Ambos materiales contienen aditivos, como estabilizadores UV, para incrementar su estabilidad o proteger a los recipientes y sus contenidos de la oxidación y la radiación UV.

Se recomienda el uso de botellas de PET en lugar de botellas de PVC, pues las botellas de PET contienen muchos menos aditivos que las botellas de PVC.

#### ¿Cómo distinguir una botella de PET de una botella de PVC?

- Las botellas de PVC generalmente tienen un brillo azulado. Este brillo azulado es especialmente marcado en los bordes de un pedazo de material de la botella que se ha cortado.
- Si se quema el PVC, el olor del humo es acre, mientras que el olor del PET es dulce.
- El PET se quema más fácilmente que el PVC.

### ¿Botellas de plástico o botellas de vidrio?

La transmisión de la radiación UV a través del vidrio está determinada por su contenido de óxido de fierro. El vidrio de ventana común de 2 mm de espesor casi no transmite luz UV. Por lo tanto, no se puede usar para

SODIS. Ciertos vidrios específicos (Pyrex, Corex, Vycor, cuarzo) transmiten cantidades de luz UV más significativas que el vidrio de ventana común.

#### Botellas de PET

##### Ventajas

- Poco peso
- Relativamente irrompible
- Transparente
- Sabor neutro
- Químicamente estable

##### Desventajas

- Limitada resistencia térmica (deformación por encima de 65°C)
- Rayaduras y otros efectos de envejecimiento

#### Botellas de vidrio

##### Ventajas

- No hay rayaduras
- No hay productos fotoquímicos
- Resistencia térmica

##### Desventajas

- Fácilmente rompible
- Mayor peso
- Altos costos



El tipo de botellas determina la eficiencia de SODIS.

### Forma de los recipientes

La radiación UV se reduce al incrementarse la profundidad del agua. A una profundidad del agua de 10 cm y una turbiedad de 26 UNT, la radiación UV-A se reduce en 50%. Por lo tanto, el recipiente usado

para SODIS no debe exceder una profundidad de 10 cm.

Las botellas de PET son recipientes muy prácticos e ideales para SODIS puesto que:

- Las botellas de PET no superan una profundidad de 10 cm cuando son expuestas horizontalmente al sol.
- Las botellas de PET pueden mantenerse cerradas. De esa manera, se reduce el riesgo de recontaminación del agua purificada.
- Las botellas de PET se encuentran fácilmente disponibles a un bajo costo, también en los países en desarrollo.
- Las botellas de PET son fáciles de manipular (llenar, transportar) y pueden usarse directamente en la mesa, reduciendo así el riesgo de recontaminación.
- Las botellas de PET son bastante durables. Después de varios meses de aplicación, la botella todavía está en buenas condiciones. Se recomienda usar botellas resistentes (como las botellas retornables) para incrementar el tiempo de vida útil de las botellas y reducir los residuos de material plástico.

### Envejecimiento de las botellas de plástico

El envejecimiento de las botellas de plástico lleva a una reducción de la transmisión de radiación UV, lo que a su vez puede producir una inactivación menos eficaz de los microorganismos. Las pérdidas en la transmisión pueden deberse a rayaduras mecánicas o a productos

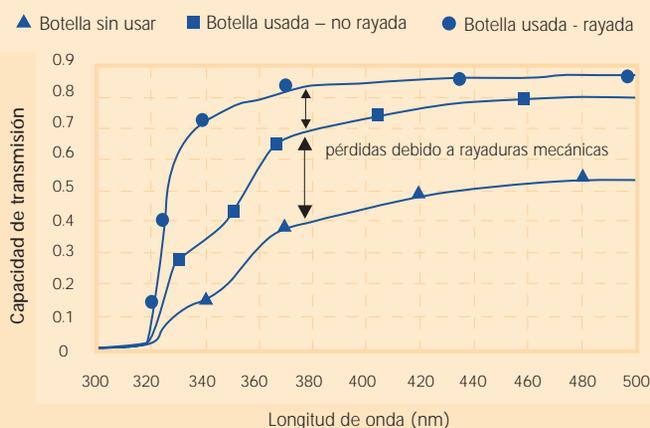
fotoquímicos. Las botellas muy rayadas, viejas u opacas deben ser reemplazadas. El gráfico 11 muestra las pérdidas en la transmisión de luz UV causadas por rayaduras mecánicas.

### Productos fotoquímicos

Las botellas de plástico contienen estabilizadores UV para incrementar su estabilidad y proteger al material contra la oxidación y la radiación UV, pues la luz solar no sólo destruye los microorganismos patógenos sino que también transforma el material plástico en productos fotoquímicos. La luz UV produce reacciones fotoquímicas que dan como resultado cambios en las propiedades ópticas del plástico. Con el tiempo, se agotan los aditivos del material huésped debido a las reacciones fotoquímicas o a la difusión. Este agotamiento influye en las propiedades del material: se reduce la transmisión UV en el rango espectral de 320 nm a 400 nm. La Figura 14b muestra las pérdidas en la transmisión de luz UV debido a productos fotoquímicos.

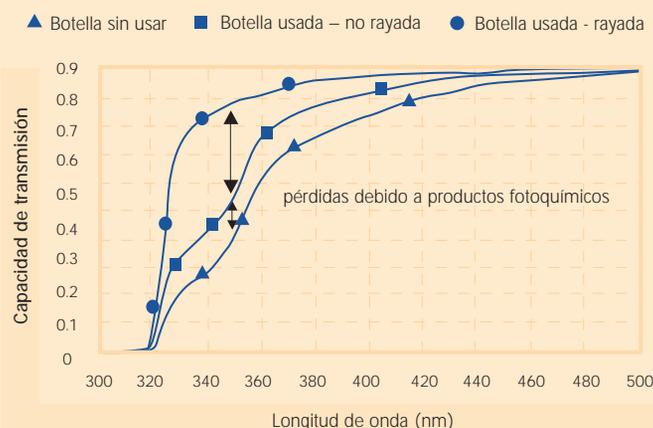
Los aditivos y los productos fotoquímicos son un riesgo potencial para la salud; sin embargo, los aditivos son moléculas grandes que difícilmente pueden migrar a través del material PET. Las pruebas de laboratorio y de campo han demostrado que los productos fotoquímicos aparecen en la superficie externa de las botellas. No se ha observado ninguna migración de productos fotoquímicos o aditivos (estabilizadores UV) hacia el agua.

Gráfico 10: Pérdidas en la capacidad de transmisión de UV debido a rayaduras mecánicas.



Capacidad de transmisión UV de las botellas plásticas usadas para el agua de consumo humano en Tailandia – Envejecimiento de 6 meses.

Gráfico 11: Pérdidas en la capacidad de transmisión de UV debido a productos Fotoquímicos.



Capacidad de transmisión UV de las botellas plásticas usadas para el agua de consumo humano en Tailandia – Envejecimiento de 6 meses.

## 2.7. Procedimiento de aplicación

### Preparación

1. Verifique si las condiciones climáticas son adecuadas para SODIS.
2. Obtenga botellas de plástico PET de hasta 2 litros. Idealmente deberían exponerse al sol por lo menos 2 botellas por cada miembro de la familia, mientras que otras 2 botellas deben estar listas para el consumo. Por lo tanto, cada miembro de la familia requiere 4 botellas de plástico para aplicar SODIS.
3. Verifique que las botellas sean herméticas, incluido

el estado de la tapa.

4. Elija un soporte adecuado para exponer la botella, por ejemplo una calamina.
5. Verifique que el agua esté lo suficientemente clara para SODIS (turbiedad < 30 UNT). El agua con mayor turbiedad necesita pretratamiento antes de poder aplicar SODIS.
6. Por lo menos dos miembros de la familia deben estar capacitados en la aplicación de SODIS.
7. Una persona determinada debe ser la responsable de exponer las botellas SODIS al sol.
8. Reemplace las botellas viejas o rayadas.

### Procedimiento para la Exposición



1. Lave bien la botella al usarla por primera vez.



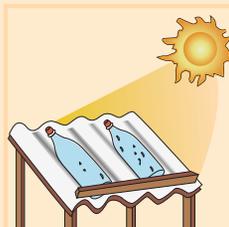
2. Llene 3/4 de la botella con agua.



3. Agite la botella durante 20 segundos.



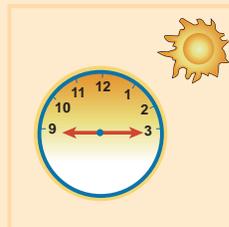
4. Ahora, llene la botella completamente y cierre la tapa.



5. Coloque la botella sobre una calamina.



6. O póngala en el techo o en un sitio de fácil acceso.



7. Exponga la botella al sol desde la mañana hasta la noche, por lo menos 6 horas.



8. Ahora, el agua está lista para su consumo después de haber enfriado.

### Lineamientos para incrementar la eficacia de SODIS

Factores que incrementan la eficacia:

- Use agua cruda con baja turbiedad.
- Llene las botellas completamente para evitar bolsas de aire que reduzcan la radiación solar.
- Coloque las botellas horizontalmente o ligeramente inclinadas sobre una superficie.
- Coloque las botellas en una calamina o sobre un fondo que refleje luz solar.
- Con papel aluminio y una caja se puede construir un

colector solar simple (en áreas donde se disponga de estos recursos).

- Asegúrese de que no caiga sombra sobre las botellas.
- Si el agua alcanza una temperatura de 50°C, 1 hora es suficiente tiempo de exposición.
- Si el cielo está más que 50% nublado, exponga las botellas 2 días consecutivos.
- Empiece exponiendo las botellas tan temprano en la mañana como sea posible.
- En caso de lluvias continuas, se recomienda recolectar agua de lluvia o hervir el agua.

### Factores que reducen la eficacia:

- Botellas sucias o agua turbia.
- Botellas con baja transmitancia de UV: viejas, rayadas, oscuras y de color.
- Baja radiación UV-A.
- Cielo nublado.
- Baja temperatura del aire.
- Botellas colocadas verticalmente en lugar de horizontalmente.
- Botellas llenas sólo hasta la mitad.

## Incremento de la eficacia de SODIS mediante colectores solares

Testimonio de Loring Green, Lifewater

Después de estudiar cuidadosamente todas las recomendaciones del sitio web de SODIS (<http://www.sodis.ch>), decidí llevar a cabo algunas pruebas usando un colector solar simple con el fin de investigar la transferencia de energía de superficies reflectivas y absorbentes. La primera prueba que conduje fue para demostrar el incremento en la temperatura cuando se usaba una caja forrada con papel aluminio para aumentar la recolección de energía. Las dimensiones de la caja fueron: 33 cm de longitud, 28 cm de ancho y 18 cm de profundidad. Todas las pruebas se realizaron a una latitud de 32°N (y 111°O). La primera prueba empezó a las 9 a.m. a una temperatura del agua de 21.1°C. A las 2 p.m., la temperatura era de 42.5°C en la botella de PET, pintada longitudinalmente de negro hasta la mitad y dejada fuera del colector, mientras que en la botella de PET, pintada longitudinalmente de negro hasta la mitad y dejada dentro de la caja forrada con papel aluminio, la temperatura era de 66.5°C.

Mi segunda ronda de pruebas tuvo como objetivo comparar la transferencia de energía de superficies brillantes y negras alrededor de las botellas. Para esta prueba, usé dos cajas de plástico idénticas forradas con papel aluminio para incrementar el área de recolección de energía. En una caja, el papel aluminio era brillante y en la otra estaba pintado de negro.

La fecha de esta prueba fue el 21 de marzo del 2002.

El clima de 9 a.m. a 2 p.m. fue el siguiente: la temperatura del aire se incrementó de 23°C a 28,3°C, vientos leves y variables y una capa muy delgada de nubes cirros a las 9 que se fueron haciendo más densos hasta las 2 p.m. El incremento en la nubosidad y el descenso en el ángulo solar después de las 2 p.m. causaron un descenso en la temperatura a partir de esa hora. La prueba empezó a las 9 a.m. con una temperatura del agua de 24,1°C. Al mediodía, la temperatura en la caja negra llegaba a 47,4°C y en la caja brillante a 56,5°C. A las 2 p.m., la temperatura del agua en la caja negra llegaba a 54,7°C y en la caja brillante a 65,0°C.

También experimenté con una caja más pequeña y menos profunda, como colector. De hecho, era una caja de zapatos. Pero la caja más profunda, que usé para las pruebas anteriores, me dio mejores resultados. Creo que fue porque los lados inclinados concentraban la energía más eficazmente en la botella. La mayor profundidad también parece proteger a la botella de las brisas, reduciendo la pérdida de calor hacia el aire en movimiento. También descubrí que el papel aluminio no debe seguir la forma vertical de los lados y horizontal del fondo del recipiente. El papel aluminio debe descender inclinadamente desde el borde del recipiente hasta debajo de la botella. Puse dos trozos de madera en la caja, debajo del papel aluminio para sostener la botella en posición, de manera que no rodara de un lado al otro.

Comparación del incremento de temperatura usando una botella de PET, pintada longitudinalmente de negro hasta la mitad, con y sin colector solar.

Hora	sin reflector	con reflector
9:00	21,1°C	21,1°C
14:00	42,5°C	66,5°C

Comparación del incremento de temperatura en botellas de PET, pintadas longitudinalmente de negro hasta la mitad, en colectores solares brillantes y pintados de negro.

Hora	Reflector pintado de negro	Reflector brillante	Temperatura del aire
9:00	24,1°C	24,1°C	23°C
12:00	47,4°C	56,5°C	28,3°C
14:00	54,7°C	65,0°C	

## 3. LA APLICACION EN EL CAMPO



### 3.1. Pruebas de SODIS en diferentes condiciones

Muchas tecnologías pueden parecer muy promisorias en condiciones de laboratorio, pero resultan inadecuadas o con mucho menor eficacia a nivel de los usuarios. Esta es la razón por la cual SODIS ha pasado por exhaustivas pruebas para demostrar su eficacia microbiológica bajo un rango amplio de condiciones de campo.

El cuadro 5 contiene las diferentes condiciones bajo las que se ha probado la tecnología SODIS.

La investigación de laboratorio se realizó bajo condiciones estrictamente controladas, con los parámetros más relevantes exactamente definidos. Se expusieron cuarzo a una radiación artificial que simulaba

la luz solar, manteniendo las temperaturas definidas. Las pruebas de laboratorio permitieron cuantificar y entender el efecto de la radiación UV y el calor en el proceso de inactivación de los patógenos presentes en el agua.

En una segunda etapa, SODIS fue sometido a prueba en condiciones reales a través de una exhaustiva investigación de campo a cargo de las instituciones socias de EAWAG en varios países en desarrollo. El siguiente capítulo presenta brevemente los resultados más relevantes de esta investigación de campo.

Finalmente, se presentó la eficacia de SODIS como método de desinfección en talleres de demostración y se la monitoreó a nivel de hogares.

Cuadro 5: Eficacia de SODIS bajo diferentes condiciones.

Situación	Ventaja	Limitación
Investigación de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• experimentos conducidos bajo condiciones estrictamente controladas</li> <li>• resultados reproducibles</li> <li>• posibilidad de estudiar microorganismos específicos</li> <li>• posibilidad de medir y controlar parámetros ambientales</li> </ul>	<p>Las pruebas sólo representan una simulación de las condiciones reales y no integran parámetros como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ciertos aspectos técnicos (botellas, agua natural)</li> <li>• condiciones climáticas</li> <li>• factores humanos</li> </ul>
Investigación de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• se realiza en condiciones naturales (luz, botellas, agua, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• no integra los factores humanos</li> <li>• tiende a usar condiciones técnicas óptimas (como botellas nuevas, buenas condiciones climáticas, ubicación ideal para la exposición) que no siempre están disponibles en el campo.</li> </ul>
Talleres de demostración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• condiciones casi "reales"</li> <li>• las pruebas tienen que realizarse en óptimas (agua, clima, exposición, etc.)</li> <li>• todos los resultados se presentan directamente a los participantes, lo que tiene un alto efecto educativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• no integra todas las fuentes de error que pueden existir a nivel de los usuarios.</li> </ul>
Hogares de los usuarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• posibilidad de conocer la calidad real del agua al momento de su consumo</li> <li>• se consideran todos los parámetros técnicos y humanos, incluida la posible contaminación secundaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• no es posible evaluar la tasa de inactivación pues no se conoce la contaminación inicial</li> <li>• es difícil determinar la fuente de contaminación cuando se encuentra contaminación bacteriana.</li> </ul>

## 3.2. Eficacia de SODIS en la investigación de campo

Desde la investigación de Acra a fines de la década de los 70, se ha llevado a cabo muchas investigaciones de campo. Se han realizado de manera sistemática pruebas sobre la eficacia de SODIS para diferentes patógenos, usando diferentes calidades de agua, diversos tipos de recipiente y diferentes condiciones climáticas.

Las pruebas de campo permitieron definir las condiciones en las que se puede obtener un alto nivel de eficacia. Dichos criterios se han discutido en el capítulo II. A continuación presentamos los tres parámetros más importantes para la aplicación de SODIS:

- Usar botellas plásticas transparentes con un volumen de hasta 2 litros.
- Exponer las botellas 5-6 horas bajo un cielo soleado o ligeramente nublado (cubierto 50%) desde las 9 a.m. hasta las 3 p.m.
- La turbiedad del agua no debe exceder los 30 UNT.

Cumpliendo estos requerimientos, las pruebas de campo confirmaron los resultados de la investigación de laboratorio, en la cual se logró una reducción de 3 órdenes logarítmicos de los coliformes fecales. Esto implica que en condiciones normales SODIS muestra una eficacia de aproximadamente 99,9%.

Los resultados obtenidos de la investigación de campo llevada a cabo en diferentes países resaltan la eficacia de SODIS en cuanto a diferentes parámetros.



Niña haciendo SODIS. Bolivia.

## Calidad fisicoquímica del agua

### Turbiedad

El agua cruda usada para SODIS debe estar tan clara como sea posible; sin embargo, las pruebas de campo revelan que SODIS se puede aplicar para tratar agua turbia hasta 30 UNT bajo condiciones climáticas normales. El agua con mayor turbiedad necesita pasar por un pretratamiento.

### Oxígeno

La investigación en laboratorio demostró que la inactivación de las bacterias (*E. coli*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus faecalis*, coliformes fecales) es mucho más eficiente en condiciones aeróbicas que en condiciones anaeróbicas. Las pruebas de campo confirmaron que agitar las botellas incrementa la eficacia de SODIS pero sugieren que el efecto es menor que el asumido por la investigación en laboratorio.

Se recomienda agitar las botellas llenas en tres cuartas partes durante unos 20 segundos antes de llenarlas completamente. Especialmente, las aguas estancadas con bajo contenido de oxígeno, extraídas de lagunas, cisternas y pozos, deben airearse antes de exponerlas a la luz del sol.

### Color

Las pruebas han demostrado que los altos niveles de color en el agua incrementan el tiempo requerido para la inactivación de los patógenos.

## Calidad microbiológica del agua

### Coliformes fecales

La mayoría de pruebas de laboratorio y de campo se han realizado con bacterias *Escherichia coli* o coliformes fecales (un grupo de bacterias fecales que incluye la *E. coli*). En condiciones normales el proceso de desinfección muestra un nivel de eficacia de unos 3 logaritmos (99.9%).

### *Vibrio cholerae*

Las tasas de inactivación del *V. cholerae* son similares a las de los coliformes fecales a una temperatura del agua > 50°C. Si no se alcanza la temperatura umbral de 50°C, el *V. cholerae* muestra tasas de inactivación mayores que las de los coliformes fecales.

### Parásitos

Las pruebas de laboratorio sugieren que la *Giardia* (*G.*

lamblia, G. muris), un parásito muy común transmitido por el agua, es sensible a la luz solar. Otro parásito, el Cryptosporidium parvum, parece ser más resistente. Sin embargo, vale la pena señalar que el C. parvum también es muy resistente al cloro. Actualmente, se están realizando pruebas de campo con relación a ambos parásitos.

### Análisis de la eficacia de SODIS en talleres de demostración

Los talleres ofrecen una buena oportunidad para aprobar la eficacia de SODIS en una amplia gama de condiciones. Parámetros como tipo de agua, clima y tiempo de exposición se fijan según las condiciones locales. Con frecuencia, es posible probar diferentes tipos de recipientes y soportes para las botellas, de manera que los propios participantes puedan determinar las condiciones más adecuadas para SODIS y promoverlas.

El siguiente cuadro resume todos los datos disponibles sobre los talleres de demostración de SODIS realizados en América Latina en los últimos 3 años. **81% de las muestras analizadas mostraron una tasa de desinfección de coliformes fecales mayor a 99,9%.** Un 9% de las muestras estuvo en el rango de 99-99,9% y 4% de las muestras en el rango de 90-99%. Sólo 5% de las muestras analizadas mostró una eficacia menor a 90%.

Un detalle interesante: no se observó en estos talleres una diferencia entre las botellas pintadas longitudinalmente de negro hasta la mitad y las botellas sin pintar. Esto se debe probablemente a que la mayoría de talleres se han realizado en regiones a gran altitud, donde las temperaturas del agua son bajas (<50°C) pero la intensidad de la radiación UV es mayor.

Cuadro 6: Eficacia de SODIS durante talleres demostrativos

Nivel de eficacia	% de muestras	No. de muestras
>99,9%	81,2	95
99-99,9%	9,4	11
90-99%	4,3	5
<90%	5,1	6
Total	100	117

Nota: Los datos se han recopilado durante 25 talleres en Bolivia, Honduras, Ecuador y Perú entre 1999 y 2001. En total, son 117 las muestras de agua tratadas aplicando SODIS que se han procesado y comparado con la calidad del agua cruda. En la evaluación, se incluyeron todas las muestras con una turbiedad menor a 30 UNT, inicialmente contaminadas con coliformes fecales y una exposición iniciada antes de las 10 a.m. Vale la pena señalar que todas las muestras con una eficacia por debajo de 90% se midieron en un solo taller en el Perú bajo condiciones climáticas muy desfavorables.

### Calidad del agua a nivel de los usuarios

Medir la eficacia de SODIS a nivel de los usuarios no es tan simple como en un taller de demostración. De hecho, la tasa de inactivación de las bacterias no siempre se puede definir con precisión, pues frecuentemente no se cuenta con los datos sobre la contaminación inicial y debido a limitaciones operativas, logísticas o humanas, un estudio de la eficacia de SODIS a nivel de los usuarios es difícil.

Los actuales proyectos de difusión de SODIS se centran en aspectos sociales y educativos y la calidad del agua se monitorea ocasionalmente, mayormente con propósitos didácticos, para demostrar la eficacia de SODIS para los usuarios.

Se analiza simultáneamente el agua tratada aplicando SODIS y el agua cruda. El agua cruda se toma de la misma fuente que se tomó para el agua tratada con el método, pero no es exactamente la misma agua, por lo tanto, no es posible medir la tasa de inactivación exacta obtenida mediante SODIS, sino que se compara la calidad del agua tratada mediante SODIS con la calidad general del agua consumida por el usuario, tomándola directamente de la fuente.

La mejor información disponible a nivel de los usuarios proviene de un proyecto de implementación realizado en dos comunidades rurales de la región de Matagalpa en Nicaragua. Ninguna de las comunidades cuenta con un sistema de distribución de agua sino que obtienen su agua de 5 fuentes diferentes (pozo cubierto con bomba, pozo descubierto, vertiente natural, etc.). La calidad microbiológica de las fuentes varía de 0 a 2,000 UFC/100 ml. Todas las muestras tomadas de los recipientes de almacenamiento doméstico mostraron contaminación fecal debido a contaminación primaria de la fuente o contaminación secundaria durante el transporte y/o el almacenamiento. Después de una fase intensiva de concientización y capacitación, 63 de las 66 familias adoptaron SODIS como un nuevo método de tratamiento del agua para su consumo.



Prueba de la calidad del agua tratada con método SODIS y del agua cruda aplicando el kit portátil de pruebas de campo DelAgua. Proyecto de investigación del Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental (CASA), Bolivia.

Durante las visitas de seguimiento a cada familia, se pidió a un adulto dos muestras de agua, una tratada aplicando SODIS y otra sin tratar del recipiente de almacenamiento de la casa. En la mayoría de casos, el agua SODIS fue tomada directamente de las botellas de plástico, aunque algunas familias almacenaban esta agua tratada en ollas de arcilla, con el riesgo potencial de contaminación secundaria. Ambas muestras de agua tratada y sin tratar eran sometidas a pruebas de coliformes fecales, lo que permitía calcular indirectamente la eficacia de SODIS. En el siguiente cuadro se presentan los resultados de estas pruebas.

Es importante enfatizar que el cuadro muestra los datos de un solo proyecto con sus condiciones específicas, por lo que no puedan generalizarse para todos los proyectos SODIS. Estos datos integran todas las fuentes posibles de error o de contaminación a nivel de los usuarios: una colocación no óptima de las botellas, tiempo de exposición muy corto, contaminación secundaria debido a mal almacenamiento, etc. Por lo tanto, da una buena idea de lo que puede lograrse en términos de mejora de la calidad del agua a nivel de los usuarios.

Cuadro 7: Eficacia de SODIS a nivel de los usuarios (ejemplo de un proyecto SODIS en Nicaragua)

Nivel de eficacia	% de muestras	No. de muestras
>99,9%	64,6	31
99-99,9%	0,0	0
90-99%	20,8	10
<90%	14,6	7
Total	100	48

Nota: Otros datos estadísticos:

- Calidad promedio del agua cruda: 154 UFC/100 ml (mediana 56 UFC/100 ml)
- Calidad promedio del agua tratada: 8 UFC/100 ml (mediana 0 UFC/100 ml)

De las 63 muestras iniciales, 15 muestras de agua cruda tenían una concentración incontable de coliformes fecales (>2,000 UFC/100 ml). Como la eficacia no se podía calcular a partir de concentraciones iniciales indefinidas, estas 15 muestras no se incluyeron en el cuadro.

## Las botellas y el soporte para las botellas

### Botellas de plástico

Las pruebas de campo demuestran que las botellas de PET transparentes de hasta 2 litros son recipientes muy adecuados para aplicar SODIS. Las pruebas demuestran buenos resultados en botellas retornables y no retornables. Sin embargo, las botellas no retornables son ligeramente mejores, pues transmiten mayor radiación UV. El efecto del envejecimiento no afecta significativamente el coeficiente de transmisión de las botellas no retornables. Las botellas de color no transmiten suficiente radiación UV, por lo que no deben usarse para SODIS.

### Botellas de vidrio

Las botellas de vidrio transparente podrían usarse teóricamente como alternativa a las botellas de plástico. Sin embargo, el vidrio con un mayor contenido de óxido de hierro transmite menos radiación UV. Las pruebas de campo confirman que ciertas botellas de vidrio muestran menores tasas de desinfección. Además, las botellas de vidrio se rompen fácilmente, por lo tanto, no se recomienda usar botellas de vidrio.

### Bolsas SODIS

Las bolsas de plástico especialmente fabricadas para el método SODIS muestran mayor eficacia debido a un mejor ratio superficie-volumen, pero no se recomiendan pues no están disponibles a nivel local, son difíciles de manipular y se rompen más rápido que las botellas de plástico.



Las calaminas reflejan la luz solar y por lo tanto constituyen un soporte ideal para las botellas de SODIS.

### Bolsas de plástico

Se han realizado pruebas con bolsas de polietileno transparente disponibles localmente, obteniendo una eficacia de desinfección muy alta. Sin embargo, no se las recomienda por las mismas consideraciones prácticas señaladas para las bolsas SODIS.

### Soporte para las botellas

Se puede obtener un incremento de temperatura con el uso de calaminas para apoyar las botellas de agua. Otros elementos de soporte oscuros también son adecuados

## Ejemplo de análisis realizados en un taller en Ecuador:

SODIS constituye todavía una tecnología nueva para muchos funcionarios gubernamentales y personal de campo. Es muy común que los participantes en los talleres se muestren muy entusiastas ante la idea de SODIS, pero que mantengan dudas sobre la eficacia del método y duden en beber agua tratada de esta forma.

El mejor método para convencer plenamente a los participantes de que SODIS realmente funciona consiste en integrar la capacitación práctica sobre la aplicación de SODIS durante el primer día del taller con la posterior realización de análisis microbiológicos. Después de exponer las botellas al sol, se analizan muestras de agua cruda y de agua tratada aplicando el método SODIS para determinar la presencia de coliformes fecales usando un kit portátil (Kit de Prueba OXFAM-DelAgua). Se filtran las muestras de agua y los filtros conteniendo bacterias se incuban durante 16-18 horas a una temperatura de 44°C. Al día siguiente, es posible contar las colonias de bacterias y evaluar la eficacia de SODIS.

Grupo 1 (agua de grifo)			
Tipo de recipiente	Contaminación inicial (UFC/100 ml)	Contaminación final (UFC/100 ml)	Eficacia (%)
Botella de plástico retornable	51	0	100
Botella de plástico retornable pintada longitudinalmente de negro hasta la mitad	51	0	100
Botella de plástico no retornable	51	0	100
Botella de plástico no retornable pintada longitudinalmente hasta la mitad de negro	51	0	100

Grupo 2 (agua de manantial mezclada con agua de río)			
Tipo de recipiente	Conc. inicial (UFC/100 ml)	Conc. final (UFC/100 ml)	Eficacia (%)
Botella de plástico retornable	284	1	99.6
Botella de plástico retornable pintada hasta la mitad de negro	284	0	100
Botella de plástico no retornable	284	0	100
Botella de plástico no retornable pintada longitudinalmente hasta la mitad de negro	284	0	100
Botella de control (sin exposición)	284	202	29



Exposición de botellas de SODIS en Tailandia

El siguiente cuadro muestra un ejemplo de un taller realizado en Quito, Ecuador, en julio del 2001. Los participantes se dividieron en dos grupos: el grupo 1 usó agua cruda de grifo de la comunidad de Amaguaña; el grupo 2 usó agua de manantial mezclada con agua del río San Pedro. La turbiedad de ambas aguas estaba por debajo de 5 UNT.

Las botellas se expusieron al sol desde las 8:30 a.m. hasta las 4 p.m. La mañana estuvo totalmente soleada, se presentó nubosidad al mediodía y lluvia en la tarde. Ninguna de las botellas alcanzó la temperatura umbral de 50°C, pero la radiación UV durante el día fue suficiente para desinfectar completamente 7 de las 8 botellas. Una de las botellas mostró una eficacia de 99,6% (una botella retornable). Durante los experimentos anteriores, estas botellas mostraron una menor transmitancia de UV-A y por lo tanto una menor eficacia de SODIS. No se observó ninguna reducción significativa en la botella de control sin exposición.

Los participantes en el taller analizaron críticamente los resultados de las pruebas presentados en placas de Petri y se convencieron de la eficacia microbiológica de SODIS. La realización de estas pruebas es, por lo tanto, un muy buen método para despejar las dudas sobre la eficacia del método. El evento concluyó con lo que es ya una tradición en los talleres de aplicación de SODIS: ¡un brindis con agua SODIS!



### Influencia de las condiciones climáticas

Cielo nublado:

Con el cielo nublado, es posible que la dosis de UV recibida durante un día de exposición no sea suficiente para lograr una calidad satisfactoria del agua. Las pruebas de laboratorio realizadas con virus mostraron que la dosis de radiación es acumulativa y que dos días consecutivos de exposición pueden ser suficientes para inactivar los patógenos. Estos datos todavía deben confirmarse en condiciones naturales así como para otros patógenos, especialmente bacterias.

Parámetros que afectan la temperatura del agua:

La temperatura del aire y los vientos son dos factores climáticos que influyen en la temperatura del agua, lo

que tiene un impacto directo en la eficacia del proceso.

Sin embargo, pruebas de campo realizadas en la meseta noroccidental de China y en tierras altas de Bolivia revelan que los países con climas fríos/templados son también adecuados para la implementación de SODIS, siempre que se cuente con suficiente radiación solar.

### Manejo de SODIS a nivel de usuarios

Los usuarios frecuentemente cometen errores en la aplicación de SODIS, lo que puede reducir significativamente su eficacia. Por ejemplo, exponen las botellas al sol en la mañana, pero después de unas cuantas horas el área está en la sombra.

A veces sucede que exponen las botellas verticalmente o no retiran la etiqueta. La única manera de corregir las malas prácticas de manipulación y mejorar la eficacia de la desinfección a nivel de los usuarios es una capacitación intensiva y visitas domiciliarias de seguimiento, tal como lo muestran los siguientes ejemplos prácticos:

- Environmental Concern (EC) en Khon Kaen, Tailandia, seleccionó dos localidades que usaban agua de lluvia como su fuente de agua cruda. El agua de lluvia se recoge del techo de las casas y se almacena en vasijas. Durante la manipulación para retirar el agua de lluvia de las vasijas, es muy probable que el agua se contamine. Durante la primera fase del proyecto, SODIS sólo pudo incrementar el porcentaje de muestras no contaminadas de 59% (muestras de agua cruda sin contaminación fecal) a 78% (muestras de agua tratada aplicando el método SODIS sin contaminación fecal). Varias muestras de agua tratadas aplicando el método SODIS mostraban incluso un nivel de contaminación mayor que el agua sin tratar. La contaminación secundaria causada por una manipulación deficiente es la causa más probable de este sorprendente resultado. Se aconsejó a los pobladores que no usaran recipientes contaminados para almacenar agua para consumo humano al transferir el agua tratada. Durante el segundo período de prueba, sólo 33% de las muestras de agua sin tratar estaban libres de coliformes fecales, mientras que el número de muestras no contaminadas se elevó a 93% para el agua tratada aplicando el método SODIS.
- En la comunidad rural de Melikan, Indonesia, 40% de los pobladores empezó a colocar sus recipientes en sillas o pisos de concreto, los cuales no son los lugares ideales en comparación con las calaminas, tejas u otros soportes oscuros. El respaldo de la silla con frecuencia daba sombra a las botellas unas horas después. Sólo 50% de las muestras de agua expuestas estaba libre de coliformes fecales. Después de que las personas recibieran capacitación y calaminas adecuadas, el número de aplicaciones incorrectas se redujo a 3%.
- En Indonesia, una comparación entre una comunidad rural y una periurbana demostró que el número de aplicaciones incorrectas era significativamente menor entre la población con mayor educación de la

comunidad periurbana. Sin embargo, ambas comunidades fueron capaces de mejorar la eficacia del tratamiento mediante una capacitación adicional.

- En Bolivia, durante un proyecto de demostración realizado en la comunidad de Sacabamba, unas cuantas muestras de agua tratada aplicando el método SODIS contenían altas concentraciones de coliformes fecales. La tapa rosca de la botella, que estaba muy sucia, fue en la mayoría de casos la responsable de dicha contaminación.
- En China, pruebas de campo realizadas con botellas de vidrio de 2,5 L. revelaron que SODIS podía incrementar el número de muestras libres de coliformes fecales de 25% (agua sin tratar) a sólo 72% (agua tratada aplicando el método SODIS). Después de reemplazar las grandes botellas de vidrio por botellas de plástico de 1,25 L. En el 99,2% de las muestras de SODIS mostraron 0 coliformes fecales.

### ¿Es o no es agua tratada con el método SODIS?

Los trabajadores de campo que realizan visitas de seguimiento a las comunidades han desarrollado herramientas para comprobar si las personas están usando realmente SODIS en su vida cotidiana o si sólo dicen que lo hacen para complacer al entrevistador. Por supuesto, pedir un vaso de agua tratada con SODIS es la mejor manera de ver si existe agua segura para el consumo humano en el momento de la visita. Una rápida visita al lugar donde están expuestas las botellas también puede ser muy aclaradora: se han encontrado botellas frías al mediodía más de una vez...una señal de que las botellas habían sido llenadas justo al llegar el personal del proyecto. O las botellas presentan una delgada capa de polvo...pues probablemente no han sido retiradas del techo desde la última visita.

Al monitorear la calidad del agua a nivel doméstico, algunas veces es muy difícil saber si la muestra de agua entregada realmente ha sido tratada. Para mencionar un ejemplo del proyecto Matagalpa en Nicaragua, se hizo la siguiente pregunta durante un estudio de línea de base: "¿Qué tipo de tratamiento aplica al agua que consume?" 22 de las 52

familias respondieron que usaban cloro. Se realizaron pruebas en los recipientes de agua de las 22 familias, pero sólo se detectó cloro residual en 2 recipientes.

Obviamente, lo mismo puede ocurrir al analizar agua tratada con el método SODIS: ¿es realmente agua tratada con este método o sólo luce y sabe como agua SODIS pero realmente es agua sin tratar desde el punto de vista microbiológico?

Un estudio de la calidad microbiológica del agua puede ser útil al evaluar los resultados de un proyecto, pero tiene algunas desventajas:

- los análisis bacteriológicos son relativamente caros,
- los trabajadores de campo y los usuarios pueden pensar que la tecnología SODIS no es segura si no se analiza la calidad del agua,
- un proyecto SODIS que le otorgue demasiada importancia a los aspectos analíticos probablemente perdería de vista el hecho de que la implementación de SODIS no es un problema técnico, sino más bien educativo y comunicacional,
- un muestreo periódico puede ser percibido como demasiado control externo.

Por lo tanto, el análisis bacteriológico es un instrumento didáctico valioso para efectos de demostración, pero no es indispensable para la implementación de SODIS a nivel de la comunidad. La Fundación SODIS en Bolivia nos brinda un buen ejemplo: en los últimos dos años, el personal ha realizado cientos de pruebas durante talleres de demostración, monitoreos de calidad del agua en las comunidades, visitas de seguimiento a las familias, etc. Pero el agua diariamente tratada con el método SODIS en el techo de la oficina y bebida por el personal nunca ha sido analizada ni siquiera una vez, pues nadie lo considera necesario.

### Conclusiones sobre la eficacia de SODIS en el campo

Los datos recopilados durante casi una década de investigación de campo, talleres de demostración y monitoreo a nivel de los usuarios confirmó que SODIS es un método confiable para la desinfección de agua para el consumo humano a nivel doméstico.

El gráfico 12, compara la eficacia de SODIS para remover coliformes fecales en el laboratorio con la

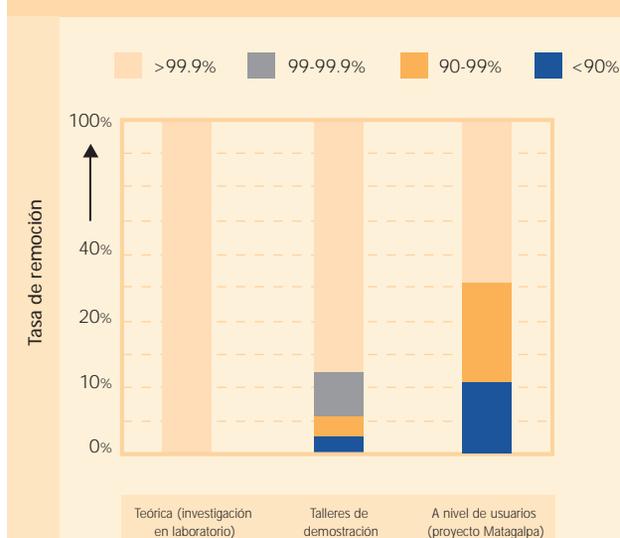
eficacia de SODIS en condiciones menos óptimas, como en talleres de demostración en América Latina y a nivel de los usuarios en Nicaragua.

Podemos concluir que SODIS ha demostrado ser eficaz no sólo en condiciones de laboratorio sino también a nivel de los usuarios, siempre que se cumplan los requisitos técnicos básicos.

Sin embargo, SODIS probablemente nunca abastecerá agua 100% segura a toda la población. Las malas prácticas de manipulación y una aplicación inadecuada del método reducen la eficacia de SODIS o provocan que el agua tratada esté expuesta a contaminación secundaria. Por lo tanto, el objetivo de SODIS es reducir significativamente el riesgo de infección microbiológica.

Después de años de investigación y pruebas en campo, el reto de reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por agua a través del uso de SODIS está ahora en manos de las instituciones y trabajadores de campo a cargo de los programas de saneamiento y educación en higiene. A través de una difusión adecuada de la información, una capacitación intensiva de los usuarios y un seguimiento a nivel domiciliario constante, las personas tendrán acceso a una alternativa simple y de bajo costo para mejorar la calidad microbiológica del agua para su consumo a nivel doméstico.

Gráfico 12: Eficacia de SODIS a diferentes niveles



### 3.3. Lecciones aprendidas durante la aplicación en campo

- Los recipientes adecuados son botellas de PET transparentes con un volumen de hasta 2 litros.
  - En condiciones de clima caliente, donde las temperaturas del agua alcanzan los 50°C durante la exposición, se pueden usar botellas pintadas de negro longitudinalmente hasta la mitad, ya que la temperatura del agua se incrementa más rápido en dichas botellas.
  - En regiones de mucha altitud, donde la temperatura del agua se mantiene fría, se debe usar botellas completamente transparentes para optimizar el efecto de la radiación UV-A.
  - La eficacia de SODIS se incrementará si las botellas se colocan sobre una superficie reflectiva, como por ejemplo calaminas o planchas de aluminio.
  - Las botellas deben estar expuestas al sol durante 6 horas si el cielo está despejado o hasta con un 50% de nubosidad. Las botellas deben estar expuestas al sol 2 días consecutivos si el cielo tiene una nubosidad de 100%. Durante los días de lluvia continua, SODIS no tiene un rendimiento satisfactorio. Durante tales días, se recomienda recolectar agua de lluvia o hervir el agua.
- Si se alcanza una temperatura del agua de por lo menos 50°C, 1 hora de exposición es suficiente.
- El agua con una turbiedad por encima de 30 UNT debe filtrarse antes de colocarla en la botella de SODIS.
  - La eficacia de SODIS se incrementa con mayores niveles de oxígeno en el agua. Se puede lograr la aeración del agua agitando las botellas llenas hasta sus 3/4 partes durante unos 20 segundos antes de llenarlas completamente.

### 3.4. Beneficios de SODIS para la salud

SODIS brinda una opción de tratamiento del agua inusualmente simple, eficaz y sostenible. De esa manera, reduce los riesgos para la salud asociados con el consumo de agua contaminada.

### Tipo de enfermedades reducidas por SODIS

SODIS afecta a los patógenos presentes en el agua y de esa manera reduce la ocurrencia de enfermedades entéricas causadas por los siguientes patógenos:

- **diarrea infecciosa:** de infecciones bacterianas con *Escherichia coli* enteropatógena.
- **disentería:** diarreas acuosas de infecciones bacterianas con *Salmonella* o *Shigella*.
- **disentería:** de infección con parásitos de *Giardia lamblia* ("Giardiasis") o *Entamoeba histolytica* ("Amebiasis").
- **cólera:** de infección bacteriana con *Vibrio cholerae*.

Una serie de agentes virales como los rotavirus y los adenovirus son responsables de una gran carga de gastroenteritis virales; sin embargo, las rutas de infección más importantes para la transmisión e infección de estos virus no están relacionadas con el consumo de agua (contacto persona a persona, a través de la saliva).



4,000 millones de casos de diarrea causan 2,2 millones de muertes, principalmente entre niños menores de cinco años.(2)

**Cuadro 8: Eficacia de SODIS a nivel de los usuarios (ejemplo de un proyecto SODIS en Nicaragua).**

Dosis infecciosas de patógenos entéricos	
Patógeno	Dosis infecciosa
<i>Shigella</i>	10 <sup>1-2</sup> organismos
<i>Campylobacter jejuni</i>	10 <sup>2-6</sup> organismos
<i>Salmonella</i>	10 <sup>5</sup> organismos
<i>Escherichia coli</i>	10 <sup>8</sup> organismos
<i>Vibrio cholerae</i>	10 <sup>8</sup> organismos
<i>Giardia lamblia</i>	10 <sup>2-6</sup> organismos
<i>Entamoeba histolytica</i>	10 <sup>2-6</sup> organismos

### Indicadores usados para evaluar los beneficios del uso de SODIS para la salud

El capítulo 1.3 describe las múltiples y simultáneas rutas de transmisión de patógenos causantes de la diarrea.

Como los patógenos se transmiten a través de diferentes rutas, es difícil medir los beneficios para la salud atribuidos a una mejora en la calidad del agua para consumo humano.

Medir el impacto de SODIS en la salud también es muy difícil, ya que la evaluación tiene que considerar los múltiples factores de transmisión de las enfermedades. Por lo tanto, una evaluación del impacto de SODIS en la salud es compleja. Hasta ahora, pocos estudios han investigado el efecto de SODIS en la mejora de la salud de los usuarios.

Cuatro estudios han medido la eficacia de SODIS en la mejora de la salud de los niños de diferentes edades.

¿Cómo se midió el impacto de SODIS en la salud? Se comparó la ocurrencia de diferentes tipos de diarrea entre las familias que usan desinfección solar del agua en casa y las que no la usan.

Los indicadores para determinar el impacto de SODIS fueron;

- “diarreas reportadas”: deposiciones más frecuentes de lo usual. Generalmente se miden al superar las 3 deposiciones diarias.
- “diarreas severas”: afectan las tareas diarias, la asistencia a la escuela y la vida cotidiana.

### **Resultados de estudios de campo sobre los beneficios de SODIS para la salud**

Los resultados de estos estudios se pueden resumir de la siguiente manera:

- SODIS reduce el número de casos nuevos de diarrea. En Kenya, se realizó un estudio entre 206 niños de 5 a 16 años de edad. Durante el período de cuatro meses del estudio, el número de casos nuevos de diarrea en familias que aplicaban SODIS fue 10% menor que en familias que no usaban el método. Otro estudio entre niños de Kenya menores de 5 años mostró una reducción similar de 16% en las enfermedades diarreicas entre los usuarios de SODIS durante un período de observación de un año.

En Bangladesh, se introdujo SODIS en 16 localidades. La adopción del método fue promovida por comités de desarrollo locales. La diarrea infantil fue significativamente menos frecuente en las localidades con comités fuertes con alto nivel de organización

comunal y compromiso con el desarrollo de la comunidad, lo que llevó a una mejor adopción de SODIS por parte de los pobladores.

- SODIS reduce el número de casos severos de diarrea. El mismo estudio (28) encontró un 24% de reducción en las diarreas severas entre los niños de familias que usaban SODIS.

- SODIS ayuda a prevenir el cólera.

Un brote de cólera se produjo en la misma área de estudio en Kenya en 1997/98. Los investigadores pudieron demostrar la eficacia de SODIS para la prevención del cólera en niños menores de 6 años. Entre los usuarios de SODIS, los niños menores de 6 años presentaron 8 veces menos probabilidades de contraer diarreas causadas por el cólera. En el caso de niños mayores, adolescentes y adultos, no se encontró ningún efecto preventivo. Esto podría atribuirse al hecho de que las madres controlaban estrictamente el tipo de agua consumida por sus niños pequeños, mientras que las personas mayores también bebían agua de fuentes contaminadas, no tratadas.

Actualmente, un estudio en Bolivia está recopilando mayor información sobre el efecto que tiene en la salud humana consumir agua tratada aplicando el método SODIS. Este proyecto de investigación en salud pública medirá el impacto de SODIS en reducir las diarreas infantiles. Este proyecto es realizado por el Instituto Tropical Suizo (STI) en colaboración con instituciones bolivianas socias, como la Fundación SODIS, Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental (CASA) de la Universidad Mayor de San Simón en Cochabamba y UNICEF Bolivia.

### **¿Puede usarse SODIS para los bebés?**

Las mujeres que no pueden amamantar a sus bebés pueden verse obligadas a preparar alimentos para ellos usando leche en polvo. Durante la implementación del proyecto a nivel de los usuarios, surgió la pregunta en torno a si el agua tratada aplicando el método SODIS podía usarse en la preparación de leche en polvo para bebés o en la preparación de alimentos durante el destete.

SODIS elimina 99,9% de las bacterias y virus y también elimina en cierta medida los parásitos del agua contaminada, pero no esteriliza el agua, por lo que se mantiene un cierto riesgo de contaminación y de la consiguiente infección. En la medida que los bebés son frágiles y se deshidratan muy rápidamente, están sujetos a un riesgo de muerte muy alto debido a diarreas. Por lo tanto, debe eliminarse el riesgo restante de infección en el consumo de agua tratada con SODIS y sólo debe usarse agua hervida, que es estéril, para la preparación de leche en polvo o alimentos durante el destete de los bebés.

Cuando los bebés tienen unos 6 meses, las mujeres empiezan a complementar la leche materna con otros alimentos. Ésta es una etapa muy crítica para los niños. Las estadísticas de salud de los países en desarrollo muestran que este grupo etéreo tiene tasas muy altas de morbilidad y mortalidad por enfermedades diarreicas. Por lo tanto, es importante que todo alimento dado a los niños de esta edad, además de la leche, esté cuidadosamente preparado y hervido.

Es posible dar de beber agua tratada con SODIS a los niños cuando ya se mueven activamente y empiezan a beber por su cuenta, alrededor de los 18 meses de edad.



Los alimentos para niños en proceso de destete, menores de 18 meses, sólo deben prepararse con agua hervida.

### Otras limitaciones en el uso de SODIS

Debe usarse agua hervida en lugar de agua tratada con SODIS para personas con un riesgo considerablemente mayor de contraer enfermedades diarreicas, como:

- Niños y adultos gravemente enfermos
- Niños y adultos severamente malnutridos
- Pacientes con inmunodeficiencia adquirida (SIDA)

- Pacientes con anomalías gastrointestinales o enfermedades gastrointestinales crónicas.

### Lo que los adultos pueden aprender de los niños...

Testimonio de Beat Grimm, JDA Kokand-Uzbekistan

Un promotor le contó al equipo del proyecto SODIS en Uzbekistán la siguiente historia: Un niño había escuchado sobre SODIS en la escuela. Le interesó la idea y se consiguió algunas botellas. Las pintó de negro la mitad y llenó de agua para aplicar SODIS. Cuando el promotor visitó a la familia, le sirvieron una sandía, que todos comieron con gran deleite. Después de la comida, el niño trajo agua tratada con el método SODIS, pero su padre comentó desafiante: "SODIS no es necesario. Yo siempre he bebido agua directamente del grifo y nunca me he enfermado". El niño trató de convencerlo de que, especialmente después de comer una sandía, él no debía beber agua sin tratar. Sin embargo, el padre no le hizo caso y bebió directamente del grifo de agua. El niño y el promotor se sirvieron de la botella de SODIS.



Una semana después, el promotor volvió a visitar a la misma familia. Ellos le dijeron que el padre había sufrido de una severa diarrea el día siguiente y no había podido ir a trabajar durante tres días. El promotor y el niño, por el otro lado, se habían mantenido saludables. Ahora el padre sólo bebe agua tratada con SODIS.

# 4. CAPACITACION DE LOS PROMOTORES



## 4.1. Enfoques y métodos de capacitación

### Métodos usados para capacitar a los promotores

Los métodos usados para capacitar a los promotores deben ser simples y explicativos, de manera que ellos puedan usar métodos similares durante su trabajo en la comunidad.

El conocimiento acerca de SODIS generalmente se transmite a los futuros promotores del método en una serie de sesiones, usando métodos participativos como los detallados en los siguientes párrafos.

Puede ser difícil tratar ciertos puntos que son considerados temas privados, especialmente en el caso de las mujeres, quienes se sienten avergonzadas de hablar sobre los hábitos de higiene en el hogar. Para superar dichas dificultades, es muy importante trabajar con mensajes positivos, como por ejemplo que es bueno usar el jabón para limpiar las manos y les da un buen olor.

### 1. Comparación de SODIS con otros métodos de desinfección del agua

Esta sesión introduce a los promotores en los diferentes métodos de tratamiento del agua que se pueden usar a nivel doméstico (hervido y cloración) y compara las ventajas y desventajas de todos los métodos.

Los promotores deben recibir documentos escritos que cubran los tópicos de esta sesión, los que servirán como material de referencia para su futuro trabajo en la comunidad.

### 2. Exposición de las botellas de SODIS al sol

Los promotores deben tener un conocimiento sólido de la aplicación de SODIS y servir como un ejemplo para los usuarios de las localidades. Por lo tanto, es importante que los promotores usen

SODIS para la preparación del agua para su propio consumo.

Al capacitar a los promotores en la aplicación de SODIS, las condiciones deben ser, en la medida de lo posible, similares a las condiciones reales en el campo. Lo óptimo sería realizar la demostración de SODIS en el área donde se introducirá el método en el futuro (en lugar de realizar la demostración en una ciudad distante donde las condiciones climáticas pueden ser diferentes).

Los tópicos que se deben cubrir durante la demostración de SODIS son: el tipo de botella a usar, la posición de las botellas, el lugar de exposición, la duración de la exposición, el lavado y la limpieza de las botellas. Estos detalles son muy importantes para la aplicación correcta de SODIS. Enfatizarlos al capacitar a los promotores puede incrementar la correcta transferencia de este conocimiento a las comunidades.

### 3. Probar la calidad del agua antes y después de la aplicación de SODIS

Es muy útil realizar un análisis microbiológico de la calidad del agua antes y después de la aplicación de SODIS. Dicho análisis es observado con mucho interés y convence a los participantes más críticos de la eficacia de SODIS.

El conocimiento de las rutas de transmisión bacteriológica ayudará a los promotores a identificar posibles fuentes de contaminación del agua en las localidades y a dar instrucciones adecuadas sobre la protección del agua.

También es importante explicar los criterios que debe cumplir el agua para ser adecuada para la aplicación del método: Es necesario evitar agua muy turbia o muy contaminada.

### 4. Métodos audiovisuales

Durante la presentación de videos sobre SODIS seguidos por discusiones grupales guiadas, se

presenta a los participantes ejemplos de la aplicación de SODIS en otras regiones y, posteriormente, se discuten y refuerzan los principales conceptos del método y su aplicación.

#### 5. Agua y salud

Es importante enseñar sobre la relación entre salud y calidad del agua. Generalmente, las enfermedades gastrointestinales son un problema común en muchos hogares y las personas sienten una fuerte necesidad de solucionar este problema. Por lo tanto, los promotores deben ser capaces de explicar por qué las enfermedades gastrointestinales son causadas por el consumo de agua contaminada y cómo se puede evitar la contaminación del agua.

Es necesario que las personas con un buen conocimiento sobre la salud sean las encargadas de explicar asuntos relacionados con la salud, de preferencia enfermeras, consejeros sobre salud u otras personas con calificaciones médicas.

#### 6. Relato de experiencias personales con SODIS

Los relatos propios de personas que ya han trabajado como promotores de SODIS son muy instructivos. Los promotores experimentados pueden presentar detalles encontrados durante el trabajo cotidiano en el proyecto, que generalmente no se presentan en los textos. El diálogo entre los promotores experimentados y los nuevos en base a experiencias personales genera muy buenos resultados.

#### 7. Visitas grupales a una familia de potenciales usuarios de SODIS

Es un buen método que los participantes en la capacitación visiten a los posibles futuros usuarios de SODIS junto con un promotor experimentado. Bajo la supervisión del promotor experimentado, los futuros promotores deben identificar los temas que se van a explicar a la familia de usuarios, sobre la base de lo aprendido durante las lecciones anteriores. Serán ellos los que deben realizar la capacitación sobre la aplicación del método SODIS. Es útil que el promotor experimentado prepare una lista de preguntas, permitiendo a los nuevos promotores realizar la capacitación de manera exitosa.

### ¿Quiénes son los promotores?

Los promotores son las personas que sirven de contacto entre la población local y la institución que desea difundir SODIS. Los promotores transmiten conocimiento sobre SODIS y son los que verifican la correcta aplicación del método.

### ¿Qué hacen los promotores?

Los promotores enseñan la correcta aplicación de la Desinfección Solar del Agua. Mediante visitas regulares a las familias, los promotores verifican la aplicación de SODIS y corrigen los posibles errores cometidos por los usuarios.

### ¿Qué tipo de conocimientos deben tener los promotores?

Como SODIS busca mejorar la calidad del agua, es importante que los promotores tengan un buen conocimiento de todos los asuntos relacionados al agua y saneamiento. Ellos deben ser capaces de explicar a las comunidades locales la relación entre la calidad del agua para consumo humano, el manejo seguro del agua, la contaminación del agua, la disposición de excretas y los efectos en la salud.

Los promotores deben tener conocimiento sobre las fuentes de agua y los sistemas de distribución de agua, así como sobre los problemas relacionados con su mantenimiento. Deben entender diferentes métodos y posibilidades para desinfectar el agua para consumo humano a nivel central o doméstico y conocer las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de tratamiento.

### ¿Qué tipo de calificaciones se requieren en un promotor?

Como los promotores son los que están en contacto directo con la población, deben tener un conocimiento conciso de SODIS y de los hábitos de higiene en general. Deben ser capaces de enseñar a las personas con poca o ninguna educación escolar. Por lo tanto, es importante que los promotores estén familiarizados con la comunidad local y tengan una buena relación con la población. Deben saber hablar el idioma local, tener buenas habilidades comunicativas y una personalidad activa. Los promotores tienen que ser capaces de iniciar y dirigir discusiones en grupo.

En Uzbekistán, Asia, se capacitó a los promotores de SODIS en los detalles técnicos del método, así como en la enseñanza a la comunidad sobre la relación entre agua limpia y salud. Se incluyó en el plan de capacitación 1.5 días adicionales de capacitación en métodos participativos, como la evaluación participativa de comunidades. Durante la capacitación, se usaron los siguientes métodos:

- conferencias
- trabajo en grupo
- dramatización
- ejercicios prácticos

El programa consistió en una semana inicial de capacitación seguida por tres sesiones, cada una de dos días de duración, durante las siguientes seis semanas.

Después de la capacitación, los promotores recibieron dos guías generales para la capacitación en las comunidades: una para capacitación en el método SODIS y otra para capacitación en higiene. Se esperaba que cada equipo adaptara las guías a la situación específica de sus localidades.

Durante su trabajo en las localidades, los promotores recibían apoyo regular de la oficina de proyectos en Kokand. Cada dos semanas, el equipo de promoción se reunía con el responsable de recursos técnicos en la oficina para discutir el avance del trabajo, las experiencias en las localidades y las dificultades encontradas. Además de estas reuniones, el responsable de recursos técnicos visitaba regularmente a los equipos de promoción durante su trabajo en las localidades.

## 4.2. Material de capacitación

El material de capacitación para los promotores debe ser fácil de entender, de manera que los promotores puedan usarlo fácilmente durante su trabajo en campo. Para la capacitación, puede usarse el siguiente material:

### Rotafolios:

Una serie de afiches coloridos de un tamaño adecuado (40 x 60 cm) con imágenes que ilustren los temas que se van a explicar durante la capacitación en el método SODIS. Estos afiches se pueden usar al explicar el método SODIS a grupos pequeños (ver Anexo A).

### Hojas técnicas explicativas:

Las hojas técnicas explicativas deben ser suficientemente grandes para presentarlas a un auditorio. Las hojas técnicas deben ser simples y fáciles de entender. Los participantes también deben recibir textos técnicos con las referencias a publicaciones científicas sobre SODIS.

### Videos sobre SODIS:

Se muestran videos a los participantes para generar preguntas al comparar las aplicaciones de SODIS presentadas con las condiciones locales. A continuación de la presentación de los videos debe realizarse una discusión en grupo.



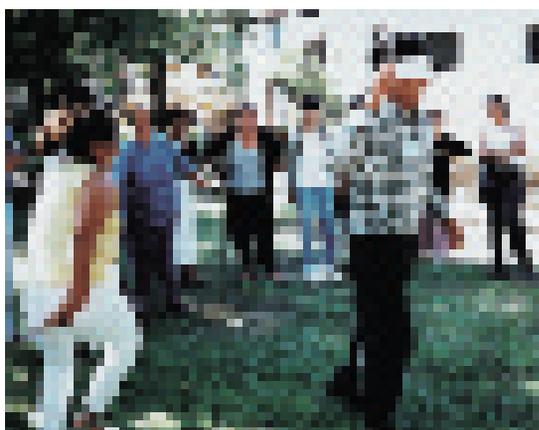
Capacitación de promotores de la Cruz Roja Peruana investigando la presencia de coliformes fecales a través de las membranas.



Cada participante explica el contenido de cada una de las láminas del rotafolio, a partir de su realidad, Cochabamba, Bolivia.



La experiencia ha demostrado que los talleres de capacitación realizados con métodos no participativos no son efectivos y que tienden a aburrir a los participantes.



Involucrar activamente a los participantes mediante métodos que requieran de su participación y les permitan hacer comentarios es la mejor manera de hacer llegar el mensaje. Al mismo tiempo, los participantes aprenderán y practicarán enfoques participativos que podrán aplicar durante su trabajo de campo.

### 4.3. Lecciones aprendidas durante la capacitación de promotores

- Los promotores deben tener un conocimiento sólido de la correcta aplicación de SODIS, puesto que así serán más convincentes y no se mostrarán inseguros.
- Los promotores deben aplicar SODIS en la preparación del agua para su propio consumo. De esta manera, estarán seguros de la correcta aplicación de SODIS y servirán como ejemplo para la comunidad objetivo.
- Los promotores deben ser capaces de responder preguntas de la comunidad. Verificar esto antes de que los promotores empiecen a trabajar en la comunidad.
- Aconsejar a los promotores que nunca mientan en caso que no conozcan la respuesta a la pregunta de un usuario. En tal caso, deben contactarse con el responsable de recursos técnicos.
- Los promotores deben hablar el idioma local.
- El tamaño óptimo de un equipo de promoción es de 2 personas.
- Las ONGs y los promotores tienen un rol muy importante en la promoción. Su ejemplo sirve para hacer que SODIS sea creíble.
- El responsable de recursos técnicos debe elaborar una lista de criterios para seleccionar a los promotores.
- En los talleres de capacitación, deben usarse los mismos métodos que posteriormente se aplicarán en las localidades. De esta manera, los promotores tendrán la oportunidad de capacitarse y practicar su trabajo futuro.
- Durante la capacitación, debe ponerse énfasis en el desarrollo de la confianza y la buena capacidad de comunicación.
- La capacitación debe basarse en experiencias previas y en el conocimiento con el que ya cuentan de los promotores.
- Los promotores deben ser supervisados cuidadosamente durante la capacitación para evaluar su motivación y capacidades.
- Informar a los promotores que los cambios en el comportamiento toman tiempo. Asimismo, incluir una lección sobre “resistencia al cambio” en el programa de capacitación.

### Cuadro 9: Ejemplo de un taller de capacitación para promotores de SODIS

Programa del 19 de junio del 2001

Preparación:

Aproximadamente a las 8 a.m. exponemos al sol las botellas de SODIS conteniendo agua contaminada y equipadas con termómetros, así como medidores de radiación. Se instruye a los participantes que lean la temperatura en las botellas y la intensidad de la radiación cada hora.

Un grupo de botellas de control con agua contaminada se mantiene en la sombra.

Hora	Tópico	Persona responsable
14:00 – 14:30	Presentación del método SODIS y del objetivo del taller.	Ana
14:30 – 14:40	Trabajo en grupos, discutiendo las fuentes de agua, las fuentes de contaminación y la relación entre agua y salud.	Ana, Esteban
14:40 – 15:00	Presentación del trabajo en grupo.	Participantes
15:00 – 16:30	Diferentes métodos de desinfección del agua: Hervido, cloración, SODIS Trabajo en tres grupos Explicación 15 min. Preparación 60 min. Presentación 45 min.	Ana, Esteban
16:30 – 16:45	Probar el agua preparada con los tres métodos.	Participantes
16:45 – 17:00	Preparación de conclusiones Ventajas y desventajas de cada método en grupos.	Participantes
17:15 – 17:30	Conclusiones generales.	Ana, Esteban
17:30 – 18:00	Refuerzo de SODIS.	Esteban
18:00 – 18:30	Presentación de los resultados del análisis de agua con el kit portátil de pruebas microbiológicas usando el agua expuesta el día anterior.	Esteban
18:30 – 19:00	Presentación del video de SODIS.	Ana



Capacitación de promotores de la Cruz Roja Peruana en análisis de Coliformes Fecales a través de las membranas

## 5. CAPACITACION DE USUARIOS



### 5.1. Conducción de una evaluación de necesidades a nivel comunal

Antes de introducir el método en una comunidad, es importante evaluar la situación ambiental local, el abastecimiento de agua existente, las prácticas de manipulación del agua y los hábitos de tratamiento y consumo del agua. Sólo se debe introducir el método SODIS en una comunidad luego de realizar una evaluación de necesidades y de determinar que la introducción de SODIS es necesaria.

Las siguientes preguntas deben formar parte de la evaluación de necesidades con respecto al:

Abastecimiento de agua existente y consumo de agua:

- ¿Qué fuentes de agua cruda se usan para el consumo humano?
- ¿Las fuentes de agua están protegidas o no?
- ¿El agua está contaminada en la fuente?
- ¿Los pobladores consumen agua cruda microbiológicamente contaminada?
- ¿Los pobladores usan algún método para purificar el agua que consumen?
- ¿Qué métodos se aplican para tratar el agua?
- ¿Los métodos de tratamiento se aplican a toda el agua consumida?
- ¿Los métodos de tratamiento se aplican exitosamente o el agua tratada todavía contiene patógenos?
- ¿Cuál es la calidad del agua consumida después de la aplicación de los métodos de tratamiento?
- ¿La comunidad sufre de infecciones transmitidas por agua?
- ¿Durante qué estaciones del año se observa una alta incidencia de enfermedades transmitidas por agua?
- ¿Cómo se relaciona la alta incidencia de enfermedades con las condiciones ambientales y los hábitos de higiene?

No es necesario introducir el método SODIS cuando:

- Los pobladores aplican exitosamente otros métodos de tratamiento del agua.
- Los pobladores tienen acceso a agua potable limpia y segura.
- Los pobladores no sufren de infecciones transmitidas por agua.

**Preguntas sobre la disponibilidad de recursos locales necesarios para la aplicación de SODIS:**

**¿Hay disponibilidad de botellas de plástico transparente?**

- Si no hay botellas disponibles a nivel local, debe iniciarse un proyecto de abastecimiento de las mismas. De lo contrario, la aplicación de SODIS no será sostenible.

**¿Existe suficiente luz solar disponible todo el año?**

- Si el uso de SODIS sólo es factible durante algunos meses del año, debe instruirse a la comunidad sobre los métodos de tratamiento del agua que pueden usar durante los meses de baja intensidad solar, como hervido, cloración o recolección de agua de lluvia durante la estación de lluvias.

### **¿Quiénes son los usuarios?**

Sobre la base de la experiencia y el interés que muestran los pobladores en la aplicación de SODIS, se puede clasificar a los usuarios como:

#### **1. Familias que usan SODIS regularmente**

En estas familias, usa SODIS durante por lo menos 4 días a la semana. Deben cumplirse los siguientes requerimientos:

- a) Que la familia tenga un número adecuado de botellas en buenas condiciones.
- b) Que la familia exponga las botellas al sol, pero que también tengan botellas con agua listas para el consumo dentro de la casa.
- c) Que SODIS se aplique correctamente.
- d) Que no se use agua turbia para SODIS.

## 2. Familias que usan SODIS irregularmente

En dichas familias, usan sólo 2-3 días a la semana. Otros indicadores son una aplicación no correcta de SODIS o que la familia no tenga un número suficiente de botellas de plástico para preparar la cantidad requerida de agua para su consumo.

### ¿Qué usuarios deben ser capacitados en el uso de SODIS?

Las siguientes personas deben ser capacitadas en el uso de SODIS:

- Personas sin acceso a agua de consumo segura y limpia,
- Personas que necesitan un método de tratamiento del agua barato y simple,
- Personas que sufren de enfermedades transmitidas por agua.

La capacitación en SODIS debe estar dirigida principalmente a la persona a cargo de la higiene y limpieza doméstica, así como a la persona responsable de la preparación de alimentos y bebidas. También se puede capacitar a los niños en el uso de SODIS.

### ¿Qué tipo de conocimientos deben tener los usuarios?

Lo ideal es que los usuarios conozcan y comprendan el método lo suficientemente bien para aplicarlo correctamente y estén conscientes de los peligros de consumir agua contaminada.

## 5.2. Enfoques y métodos de capacitación

La forma más eficaz de capacitación es explicar personalmente el método SODIS a la familia usuaria. Sin embargo, este enfoque demanda mucho tiempo. Si se está capacitando a una sola familia, lo mejor es demostrar de manera práctica la aplicación de SODIS. La transferencia de conocimiento a grupos de pobladores es un enfoque válido. Al capacitar a grupos, es muy importante usar enfoques participativos que estimulen la contribución de cada participante.



Los afiches que muestran fotos y material gráfico son buenas herramientas de capacitación. Ecuador

### Capacitación de familias individuales

Este tipo de capacitación por lo general se realiza con familias que tienen una estrecha relación con el promotor. En dicha atmósfera, es fácil demostrar de manera práctica los diferentes pasos de la aplicación de SODIS a los miembros de la familia y discutir los diferentes hábitos de higiene.

#### 1. Discusión de la contaminación secundaria del agua

La contaminación secundaria del agua a través de una inadecuada manipulación del agua dentro del hogar puede explicarse con ejemplos tomados de la propia casa de los usuarios. Por ejemplo:

- Usar el mismo recipiente para transportar agua y otras cosas.
- Usar utensilios sucios para la preparación de alimentos.
- Beber agua directamente del recipiente usado para transportarla.
- Charcos de agua sucia alrededor de la casa.
- Riesgo de contaminación de recipientes de almacenamiento abiertos.

## 2. Afiches colocados permanentemente en la casa

Los afiches con mucho material gráfico y poco texto son bien aceptados por los usuarios, tanto niños como adultos y pueden estar permanentemente colocados en la casa. En Bolivia, la colocación en casa de afiches conteniendo reglas generales de aplicación de SODIS tuvo una buena acogida (ver Anexo B).

El promotor, durante su visita, explica a los miembros de la familia las imágenes del afiche. Luego, se deja el afiche a la familia de usuarios para que ellos recuerden las explicaciones del promotor o para que expliquen el método a otras personas.

## 3. Demostraciones prácticas

Se dan instrucciones directas a los nuevos usuarios potenciales sobre la aplicación de SODIS. Durante la demostración, se seleccionan botellas adecuadas y se explica cuidadosamente cada paso del método. Durante esta ocasión, se pueden discutir y aclarar las posibles dudas expresadas por la familia. Se genera mucha credibilidad si en la noche el promotor consume el agua tratada con SODIS durante el ejercicio de demostración del mismo día.

## Capacitación de grupos comunales

La capacitación de grupos comunales es la forma más común de capacitación en el método SODIS. Las siguientes son algunas recomendaciones a tomar en cuenta antes de organizar estas reuniones:

- Debe fijarse el horario de la reunión en acuerdo con los pobladores, de esa manera, también podrán asistir las mujeres, que generalmente están muy ocupadas y no tienen mucho tiempo libre. Las reuniones deben programarse durante momentos de descanso, evitando las temporadas agrícolas en que los pobladores se encuentran más atareados.

- Las reuniones deben ser iniciadas y dirigidas por personas familiarizadas con la comunidad, como líderes comunales o representantes de instituciones respetadas. Dichos líderes locales son personas respetadas, por lo que es más probable que los pobladores sigan los consejos y la capacitación si cuentan con el apoyo de sus líderes.
- Para cada reunión, debe prepararse un programa con objetivos y actividades. Debe evaluarse el programa al final del día.
- Durante la reunión, debe crearse una atmósfera de confianza, incentivando el intercambio de ideas, preguntas y experiencias.

A continuación se resumen algunos de los métodos usados en Bolivia para la capacitación de grupos.

### 1. El uso de rotafolios

Los rotafolios constituyen una buena herramienta para un auditorio que no puede leer o no puede seguir conferencias académicas. Pueden usarse hábilmente con una guía para explicar o moderar cada página. Los rotafolios se pueden usar con grupos pequeños de hasta 30 personas. Esto permite que los participantes vean el afiche mostrado. El rotafolio es un instrumento que permite a la audiencia descubrir la relación entre agua y salud y los efectos de la Desinfección Solar del Agua. Las ilustraciones pueden iniciar la discusión entre los participantes y el moderador. Las imágenes de los afiches deben representar el medio ambiente y el contexto cultural del auditorio. (ver Anexo A).

Otra forma de usar los rotafolios ha demostrado su eficacia en Bolivia: los propios participantes asumen el rol del moderador y explican las situaciones en las figuras a grupos de dos o tres personas. Determinados afiches se entregan a grupos de participantes. Los grupos tienen 5 minutos para estudiar la imagen y luego explicar el contenido y la idea de la imagen al auditorio. El promotor complementa sus presentaciones y aclara los puntos que no hayan entendido. Ésta es una forma muy participativa de presentar los rotafolios, ya que los participantes pueden contribuir con sus propias ideas relacionadas con el tema y su vida cotidiana.

## 2. Uso de grabaciones con historias

La presentación de historias grabadas, seguidas por discusiones constituyen una herramienta útil. Tales presentaciones aceleran la difusión de SODIS y son, en general, mejor aceptadas que las lecciones. Las historias deben estar adaptadas al medio y al contexto cultural del auditorio para atraer su interés. La historia grabada no debe durar más de 15 minutos.

## 3. Demostraciones prácticas de la aplicación de SODIS

Es muy importante demostrar de manera práctica la aplicación de SODIS durante las reuniones comunales. La demostración debe incluir la selección de la botella correcta, la verificación de la turbiedad del agua, el llenado de la botella (incluyendo el hecho de que hay que agitarla y asegurarse de que esté completamente llena con agua) y la exposición de la botella en un lugar adecuado. Al final del día, el promotor y los participantes deben beber el agua tratada aplicando el método SODIS.

## 4. Desarrollo de una noción de prestigio

Es más probable que las personas adopten un nuevo comportamiento si la actividad es prestigiosa y les da una sensación de orgullo. El uso de botellas plásticas para mejorar la calidad del agua para consumo humano es más sofisticado que simplemente beber el agua del grifo. Por lo tanto, las personas que beben agua tratada con SODIS tendrán un mayor prestigio ante los ojos de la comunidad que simplemente bebe agua sin tratamiento.



Una buena relación entre promotores y usuarios es importante para la promoción de SODIS.



Demostración práctica de SODIS en Bolivia

## Errores frecuentes de los usuarios

El método de tratamiento SODIS es fácil de aplicar, sin embargo, es necesario capacitar cuidadosamente a las personas para su aplicación. Los capacitadores y las personas encargadas de los recursos deben controlar el procedimiento de aplicación en las comunidades de manera regular para garantizar una aplicación correcta y exitosa de SODIS, especialmente durante los primeros meses de su aplicación. Repetidas visitas a comunidades recientemente capacitadas en el método SODIS revelaron que los usuarios cometen una serie de errores en su aplicación.

- Las botellas se exponen al sol en la mañana, pero dos horas después el área está en la sombra.
- Algunos usuarios colocan sus botellas en sillas, sin tomar en cuenta que el respaldo de la silla dará sombra a las botellas en algún momento.
- Las botellas expuestas no están bien cerradas o se usan diferentes elementos para cerrar la botella, cuando no se cuenta con la tapa, lo que lleva a que se produzcan fugas de agua.
- Se exponen al sol botellas llenas sólo parcialmente. Las bolsas de aire dentro de la botella reducen la radiación UV-A.
- Se expone agua turbia, sin filtrar, conteniendo pequeñas partículas, como por ejemplo insectos.

## Capacitación comunal en Uzbekistán

La buena salud depende no sólo del acceso a agua sino también de hábitos de higiene adecuados. Por esta razón, el equipo SODIS en Uzbekistán suministró a los promotores dos guías completas para las sesiones de capacitación: una sobre el método SODIS y otra sobre higiene. Se esperaba que cada equipo ajustara estas guías a la situación particular de su localidad.

Durante las reuniones con la comunidad, los promotores introdujeron el método SODIS, explicaron los efectos de los rayos solares y señalaron cómo se transmite la diarrea. En algunos casos, se enseñaron reglas de higiene paralelamente al método SODIS. Durante la temporada agrícola más atareada, la cosecha de algodón en otoño, no fue posible organizar reuniones con la comunidad pues los pobladores estaban ocupados en el campo.

## Tomando contacto con la comunidad

Los líderes comunales fueron los primeros en ser contactados y ellos presentaron a los equipos de promotores ante las familias interesadas. A través de las postas de salud de la localidad, los promotores recibían información sobre las familias con miembros que recientemente habían sufrido de diarrea o tenían niños pequeños. Estas familias son las más interesadas en aprender y aplicar el método SODIS. Los promotores lograron desarrollar una buena relación con muchas de las personas interesadas. Las visitaban una vez a la semana y discutían sus preguntas y problemas. Durante la posterior evaluación del proyecto, se determinó que estas personas aplicaban SODIS de manera más consistente.

## Capacitación de la comunidad

Unos 20 a 40 adultos, y con frecuencia un número significativo de niños asistían a las reuniones. Los pobladores siguieron las reuniones con interés y estaban incluso deseosos de participar. Por ejemplo, después de que los promotores habían presentado el método SODIS con la ayuda de imágenes, se pedía a alguien del auditorio que repitiera la preparación de una botella de SODIS. Como recompensa por su participación, se le daba una botella SODIS ya pintada. Los pobladores que ya aplicaban SODIS compartían sus

experiencias e incentivaban al auditorio a seguir su ejemplo.

Los técnicos en Uzbekistán pusieron especial énfasis en los métodos de enseñanza participativos, incluida la dramatización. Sin embargo, los promotores rechazaron esto último, con la explicación de que ello haría que el método SODIS pareciera ridículo. En lugar de ello, los promotores decidieron diseñar sus propios afiches con reglas de higiene.

Cada equipo de promotores desarrolló su propio enfoque para explicar SODIS a la comunidad durante las reuniones:

**El enfoque místico:** En las reuniones de este equipo con la comunidad, los usuarios relataban cómo se habían sanado del dolor de garganta y del dolor de estómago bebiendo agua tratada aplicando el método SODIS. ¡SODIS, agua que cura!

**El enfoque racional:** Este equipo enfatizó fuertemente que bebiendo agua tratada aplicando el método SODIS, se puede prevenir las enfermedades, lo que da como resultado menores gastos en medicinas. ¡SODIS, una forma de ahorrar dinero!

**El enfoque relacional:** El tercer equipo puso el énfasis principal en la buena relación con los encargados de tomar decisiones y con las personas claves a quienes presentar el método. ¡SODIS, para tus amigos!

## SODIS en los jardines de niños

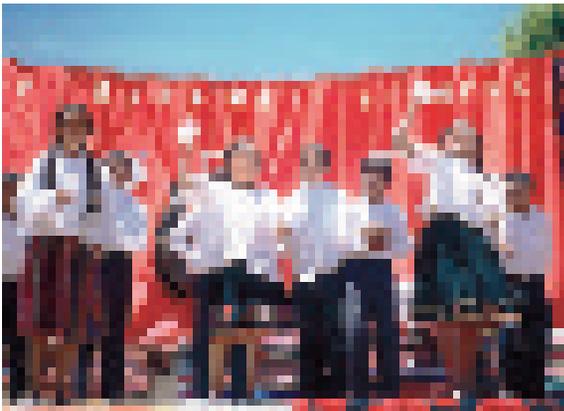
En el Proyecto SODIS de Uzbekistán, los profesores de los jardines infantiles recibieron capacitación en la aplicación de SODIS. Los profesores se mostraron entusiasmados con el nuevo método para el tratamiento del agua, pues son responsables de la salud de los niños. Ellos preparaban agua SODIS y se la daban a beber a los niños.

En algunos jardines infantiles, se invitó a los padres a una reunión sobre SODIS, donde se les explicó el método. Los profesores explicaron cómo sus niños podían mantenerse saludables bebiendo agua tratada aplicando el método SODIS. Los padres se mostraron muy interesados en esta idea.

## SODIS en las escuelas

La capacitación en la aplicación de SODIS en las escuelas de Uzbekistán se llevó a cabo en reuniones de clases individuales o incluso en grandes reuniones de la escuela. Los niños se mostraban muy abiertos al método y lo entendían rápidamente. Por iniciativa de los profesores, uno de cada dos niños debía traer una botella de agua tratada con el método SODIS al salón. Luego, dos niños compartían el agua en los recreos o en el almuerzo.

Debido a que el método SODIS es simple, algunos de los niños empezaron a usarlo en casa. Los niños más entusiastas recibían una credencial SODIS especial y eran declarados promotores. Otras escuelas utilizaron afiches y folletos e implementaron rincones SODIS en los corredores y aulas.



Los niños de la escuela primaria Agua Clara en Bolivia cantan una canción a SODIS.

## Las rifas incrementan el interés en SODIS

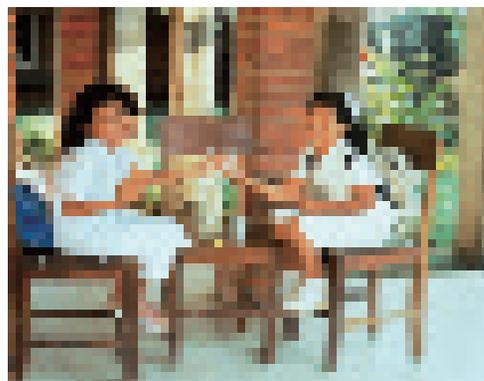
Testimonio de Hans Haller, Brasil

Hans Haller nos cuenta sus experiencias con la promoción de SODIS en Igarassu, Brasil: El 21 de febrero del 2002, capacité a 40 estudiantes del 4º grado de la escuela Joao Leite de Igarassu en la aplicación de SODIS. Cada estudiante recibió una hoja de papel con dibujos que ilustraban cómo se debía aplicar SODIS. Demostré la aplicación frente a los estudiantes. Después, le pedí a uno de ellos que pasara al frente y repitiera los puntos principales del proceso de aplicación. De esa manera, me aseguraba de que los estudiantes

hubieran entendido lo que les había explicado.

Para motivar a los niños a usar realmente SODIS en casa, les prometí organizar, durante la siguiente semana, una rifa SODIS en la cual podrían participar todos aquellos que aplicaran regularmente SODIS en sus casas. En esta rifa, tenían la posibilidad de ganarse una bolsa de productos alimenticios. Una semana después, 10 estudiantes participaron en la rifa. La segunda vez que organicé la rifa, participaron 12 estudiantes. Después del concurso, acompañamos al ganador a su casa para verificar que realmente utilizaba SODIS en la preparación del agua para el consumo familiar.

El 25 de marzo, mi colega Sandra presentó SODIS a otros 25 estudiantes de la misma escuela. Una semana después, 7 de ellos participaron en la rifa SODIS y el 18 de abril participaron 22 de los 56 estudiantes. Algunos de ellos comentaron sus experiencias con SODIS. Ellos dijeron que el agua tenía muy buen sabor, igual que el agua mineral. 23 estudiantes participaron en la quinta rifa. Eduarda, la ganadora de esta rifa, nos contó que al principio había empezado con sólo una botella, pero que, pasado el tiempo, ya trataba 5 botellas al día. Cuando le contó a su madre lo que había aprendido sobre SODIS en la escuela, la señora primero pensó que su hija se había vuelto loca. Pero cuando acompañamos a Eduarda a casa para entregarle la bolsa de productos alimenticios que había ganado, su madre se alegró mucho y se convenció de que SODIS era algo bueno.



Escolares tomando agua SODIS.

## Maxi es mini en su casa

Testimonio de Martin Wegelin, SANDEC

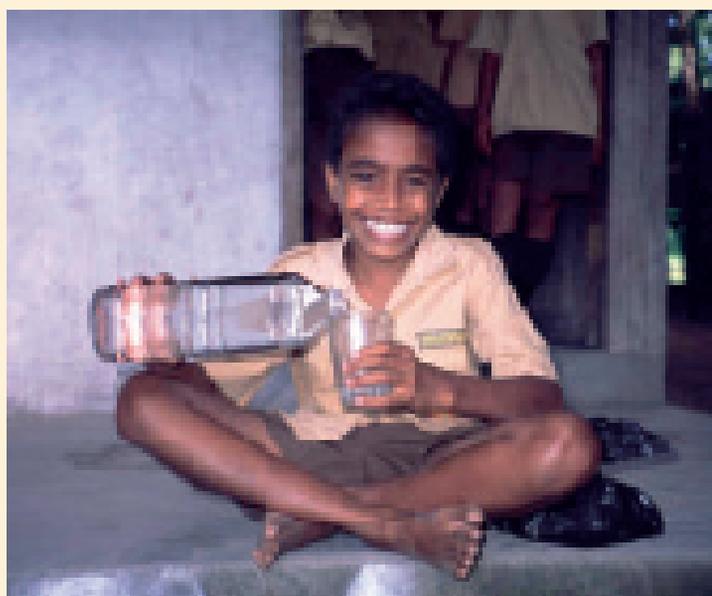
En el camino a Ende, Indonesia, disfruté el hermoso paisaje lleno de colinas cerca a Maumere. Petrus manejaba el carro del proyecto y con nosotros iba Pius, el responsable del proyecto SODIS en Flores. Nos dirigíamos a la escuela de Kimang Buleng, donde 2 meses atrás la ONG local Yayasan Dian Desa (YDD) había presentado el método SODIS a los profesores y a los 138 alumnos. Estacionamos el carro bajo la sombra de un árbol y notamos que todos los profesores estaban ocupados dictando clases. No habíamos anunciado nuestra visita, pero, a pesar de ello, pronto nos saludó uno de los profesores, quien nos llevó a la oficina del director. Después de intercambiar algunas formalidades, se nos permitió visitar las instalaciones de la escuela. Petrus descubrió un pequeño grifo, la fuente de agua de la escuela. Abrió el grifo pero no salió agua. Uno de los profesores nos informó que el abastecimiento de agua no era permanente sino que generalmente el agua llegaba ya avanzada la mañana.

Entretanto, nuestro grupo se encontró rodeado por los niños de la escuela, emocionados y curiosos. Le pedí a un niño pequeño que se encontraba delante, llamado Maxi, que nos trajera una botella de SODIS de la oficina del director. Él orgullosamente se fué corriendo y pronto regresó con una botella llena. Junto con los profesores bebimos un poco del agua tratada con el método SODIS que sabía muy bien. Sin embargo, mi interés no se centraba tanto en el agua tratada sino en los resultados de la difusión de SODIS. Las escuelas tienen la ventaja de tener estructuras organizativas definidas con el director, los profesores y los alumnos y, por ello YDD había decidido usar las escuelas como punto de entrada de su campaña de promoción de SODIS. Se capacitaba a profesores y alumnos en el uso del nuevo método de tratamiento del agua con el fin de que los niños introdujeran SODIS en casa.

Por lo tanto, le pedí a Maxi, ese pequeño vivaracho, que se sentara junto a mí en el suelo y le ofrecí un poco de agua tratada con SODIS. Él aceptó con gran orgullo mi ofrecimiento y llenó cuidadosamente un vaso con agua. Maxi estaba consciente de que la atención de todos sus compañeros estaba centrada ahora en él. Empezamos nuestra conversación y me dijo que vivía con sus

padres y 4 hermanos a una media hora del colegio a pie. Cuando le pregunté si también usaba sus dos botellas de SODIS en casa, se avergonzó. Él era el menor de la familia y no lo tomaban muy en serio. Cuando le conté a su familia sobre SODIS, les había resultado difícil entender cómo la luz del sol podría mejorar la calidad del agua. No habían tomado atención al consejo de Maxi de usar botellas de plástico para preparar el agua para su consumo. En consecuencia, él no había insistido en introducir la nueva idea, sino que dejó a un lado las botellas y, por lo tanto, en su casa no usaban SODIS.

Maxi es mini en casa. Generalmente, los niños tienen que obedecer a sus padres y tienen que defender su posición en la familia. Al igual que Maxi, los más pequeños tienen un rol difícil en la familia. Sin embargo, la ruta de comunicación desde las escuelas hasta las familias es también bastante larga. No toda la información pasa correctamente al siguiente nivel. En consecuencia, los proyectos de difusión pueden no producir los resultados esperados. Sin embargo, YDD también observó que las niñas de la escuela tenían más éxito en introducir SODIS en sus casas. La sociedad atribuye roles de género desde la niñez: las niñas, al igual que las mujeres, son las responsables de la recolección y preparación del agua en la casa.



Maxi, alumno de primaria, llena orgullosamente un vaso con agua tratada con el método SODIS. Indonesia.

### 5.3. Aspectos culturales y recursos locales

#### Aspectos culturales

Los diferentes grupos étnicos tienen sus propias creencias culturales, utilizan maneras individuales de comunicación y perciben el mundo desde su propia perspectiva. Cada equipo SODIS que busca trabajar con un grupo específico debe, por lo tanto, adaptar sus métodos de comunicación y capacitación al grupo objetivo. El contexto cultural brinda el marco básico para cada proyecto SODIS.

Los elementos importantes en el caso de la desinfección solar del agua son el sol y el agua. Estos dos elementos pueden tener diferentes significados y niveles de importancia en grupos culturales específicos. Otro aspecto es el hecho de que, en ciertas culturas, las mujeres no hablan en las reuniones públicas o los pobladores se niegan a hablar de ciertos temas sin la autorización del líder de la comunidad. Por lo tanto, es una buena idea realizar reuniones grupales con usuarios potenciales de SODIS con el fin de entender sus nociones culturales, sus conceptos y mitos relacionados con el agua, el sol y los hábitos de higiene antes de llevar a cabo las actividades de SODIS.

El método de discusiones de grupo focal se ha usado en Bangladesh y Bolivia con el fin de obtener más información sobre las costumbres locales. Si bien no es posible conocer todas las creencias y mitos alrededor del agua y la higiene, es necesario tener algunas guías para la adaptación cultural del proceso de introducción de SODIS y para hacerlo aceptable para la comunidad local.

En Uzbekistán, por ejemplo, el té es la bebida principal. La gente piensa que beber agua fría puede enfermar. Siempre se sirve a los visitantes té caliente. Es de mala educación ofrecerles agua fría. A pesar de esta creencia, la gente bebe agua fría directamente del grifo, especialmente cuando tienen sed en verano. Por lo tanto, el equipo del proyecto SODIS en Uzbekistán tuvo que basarse en la creencia de que el agua caliente es buena e introducir el concepto de que SODIS es un método de purificación del agua que usa el sol para hacer hervir el agua. Por lo tanto, en Uzbekistán, el agua SODIS es agua hervida por el sol y es por eso que es buena para la salud.

En Indonesia, los promotores también pueden basarse en comportamientos tradicionales basados en la creencia de que la luz solar es buena para la salud y mata los patógenos:

- Los pobladores de Java exponen regularmente sus colchones al sol pues creen que es más saludable dormir en un colchón expuesto frecuentemente al sol.
- El agua para bañar a los bebés se expone al sol, pues se cree que el bebé será más saludable si se le baña con agua expuesta al sol en vez de con agua hervida tibia.

#### Botellas

La disponibilidad de botellas de plástico resulta clave para la sostenibilidad de las actividades de SODIS. El equipo de promoción de SODIS tiene que determinar si los pobladores pueden comprar las botellas y dónde están disponibles dichas botellas, también posiblemente de segunda mano.

De no haber disponibilidad de botellas de plástico a nivel local, el equipo del proyecto tendrá que iniciar un sistema de suministro de botellas. La mejor idea es iniciar un pequeño negocio consistente en ir a la ciudad a comprar botellas de plástico, probablemente de segunda mano y transportarlas a las localidades. Los propietarios de tiendas locales podrían hacerse cargo del suministro de botellas de plástico.

#### ¿Qué hacer con la botellas de PET viejas?

Durante nuestras visitas de campo, los usuarios de SODIS nos preguntaban qué debían hacer con las botellas de PET viejas y dañadas. ¿Es adecuado quemar las botellas de SODIS viejas y dañadas?

No se recomienda quemar las botellas de PET en las condiciones que generalmente se encuentran en el campo. Debido a la falta de oxígeno en tales condiciones, se forma monóxido de carbono (CO) en lugar de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Además, el PET contiene sustancias aromáticas, que al quemarse en condiciones por debajo de las óptimas (baja temperaturas y falta de oxígeno) se transforman en hidrocarburos aromáticos policíclicos tóxicos.

Sin embargo, si se quema el PET a altas temperaturas y con suficiente oxígeno, como es el caso de las plantas de incineración, sólo se produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O). Por lo tanto, es necesario recolectar las botellas de PET usadas para SODIS que ya estén viejas y quemarlas de manera centralizada.

Otra opción consiste en usar las botellas viejas para otros propósitos, como macetas para retoños, o enterrar todas las botellas viejas junto con los residuos domésticos.



La disponibilidad de botellas de plástico es sustancialmente importante para la sostenibilidad de SODIS

#### 5.4. El rol de la educación en higiene

El consumo de agua de buena calidad ayuda a reducir el número de enfermedades diarreicas. Sin embargo, en la medida que los patógenos que atacan a los humanos pueden transmitirse a través de múltiples rutas: desde las heces a través de las manos, moscas, alimentos y fluidos (ver cuadro 1 del Capítulo 1 "Patógenos transmitidos por agua"), los hábitos de higiene adecuados tienen una gran influencia en la salud de la comunidad.

Esrey (35) y Hutley (33) revisaron estudios de campo relevantes y evaluaron la eficacia de las diferentes intervenciones para reducir la morbilidad en el caso de diarreas. Sus evaluaciones revelaron que la primera intervención debe ser lograr una mejora en la calidad del agua para consumo humano. Ello reducía la morbilidad en cuanto a diarreas en aproximadamente

otra reducción de más de 30% simplemente con lavarse las manos con jabón. Efectuar una disposición segura de excretas también lograba aproximadamente un 30% de reducción. Es posible lograr mejoras adicionales mediante otros hábitos de higiene doméstica, como lavar las verduras, frutas y platos con agua limpia, así como con una disposición segura de los residuos domésticos, etc.

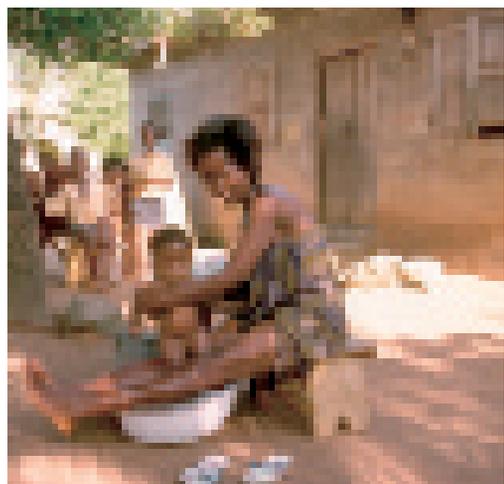
Esto demuestra que la capacitación en purificación del agua debe combinarse siempre con la capacitación en higiene en general para lograr el mayor impacto posible en la salud de la comunidad. Así, un enfoque muy bueno consiste en integrar la capacitación en SODIS como parte de proyectos existentes de salud comunal y educación en higiene.

La educación/capacitación en higiene debe cubrir los siguientes tópicos:

- higiene de la familia y de la comunidad en general
- higiene del abastecimiento de agua
- lavado de manos
- uso, higiene y mantenimiento de letrinas
- disposición higiénica de otros residuos
- uso y mantenimiento de instalaciones.

Los mensajes sobre educación en higiene deben ser positivos y basarse en los conocimientos, creencias y valores culturales locales. Antes de adoptar un nuevo hábito de higiene, las personas se preguntan cómo encaja este nuevo hábito dentro de sus ideas y cómo afectará sus vidas. Ellas adoptarán un nuevo hábito si creen que tiene beneficios netos para la salud u otros beneficios y si consideran que estos beneficios son importantes.

El siguiente caso brinda un ejemplo del efecto de la educación en higiene si se usan mensajes positivos dentro del contexto local.



## Mensajes positivos sobre la educación en higiene: Encuentro con Doña Ricarda

Testimonio de Stephan Indergand-Echeverría, STI

Una hora antes de que empezara la presentación de SODIS en Viña Perdida (Mizque – Bolivia), Doña Ricarda ya estaba presente en el salón comunal. Ella quería saber sobre qué sería la presentación. Le dije que la presentación sería sobre el método SODIS, pero que empezaría recién dentro de una hora.

“Bueno, entonces tengo tiempo suficiente para dar de beber a mis cerdos antes de que empiece la presentación”, dijo ella. Yo le pregunté: “¿La puedo acompañar?”. Ella respondió: “Por supuesto”.

Doña Ricarda trajo una lata grande y dos más pequeñas, así como un trapo para cargarlas. Juntos nos fuimos al canal de irrigación que atraviesa Viña Perdida. El agua estaba limpia y fría. Aguas abajo, ví a gente lavando su ropa y a niños jugando dentro del agua. Entretanto, Doña Ricarda había llenado sus latas con agua. Me dio la lata grande, de 25 litros, para que la llevara y tomó las dos pequeñas. Con esfuerzo, coloqué la lata grande en mi espalda y seguí a Doña Ricarda, quien ya estaba en camino a su casa situada en la cima de la colina. Me resultaba difícil seguir su paso rápido y empecé a sudar. Tan pronto como llegamos, vaciamos el agua en el abrevadero para los cerdos. Le pregunté a Doña Ricarda si ella generalmente cargaba toda esa agua sola. Ella me respondió: “Por supuesto. Todos los días. Me coloco la lata grande en la espalda y llevo las dos pequeñas en las manos. Si hace mucho calor, incluso hago dos viajes. No quiero que los cerdos vayan al canal de irrigación y ensucien todo por allá. Usted ha visto que las mujeres lavan allí su ropa y que también sacan agua para cocinar del canal”. En secreto, admiré a Doña Ricarda por su compromiso. Especialmente, considerando que ella no era una mujer joven y fuerte sino una abuela con muchas arrugas en su rostro. Su esposo había muerto hacía muchos años y sus hijos ya eran adultos, se habían casado y vivían en Mizque.

Poco después, mis colegas locales empezaron la presentación de SODIS ante la población de Viña Perdida, reunida en el salón comunal. El primer tópico tocado fue el de los hábitos de higiene en la comunidad. Cuando pregunté qué tipos de hábitos de higiene eran comunes en Viña Perdida, desafortunadamente

recibí sólo respuestas negativas: “Bebemos agua sucia del canal, no tenemos letrinas, no nos lavamos las manos, vivimos junto con los animales, en suma, somos totalmente antihigiénicos”. La atmósfera general en el salón luego de la discusión no era realmente mala pero sí algo extraña.

Esto me llevó a contarles a los pobladores la experiencia que había acabado de tener con Doña Ricarda. Lo que hace Doña Ricarda para dar de beber a sus cerdos no es otra cosa que un hábito de higiene. Todos los días, ella carga 40 litros de agua hasta la cima de la colina para evitar que los cerdos ensucien el canal de irrigación y contaminen el agua que, corriente abajo, es usada por otros para lavar y cocinar. Éste es un esfuerzo enorme que Doña Ricarda realiza todos los días para evitar que el agua se contamine, para proteger a sus vecinos y a sus hijos de posibles enfermedades diarreicas. “Tenemos que agradecer que Doña Ricarda realice este gran servicio y estoy convencido de que todos los días todos ustedes tienen muchos hábitos higiénicos, quizás incluso sin darse cuenta de ello”.

Doña Ricarda se emocionó visiblemente cuando conté su historia en la reunión comunal y de repente la atmósfera en el salón cambió. Los pobladores de Viña Perdida empezaron a mostrar gran motivación en intentar nuevos métodos para mejorar su higiene y aplicar SODIS.

Yo había aprendido que en todas partes es posible detectar hábitos de higiene. Y cuando discutimos y alabamos estos comportamientos positivos, las personas se sienten mucho más motivadas a aprender y adaptar las nuevas estrategias.



## 5.5. Material de capacitación

El material de capacitación para los usuarios puede dividirse en el material usado durante la capacitación en la comunidad y material que se deja en las casas de los usuarios.

### Material usado durante las sesiones de capacitación

El material debe ser colorido, contener muchas figuras y poco texto, pues los pobladores de las comunidades rurales generalmente se sienten más atraídos por las figuras que por texto. Los temas y materiales presentados a la comunidad deben tocar, en primer lugar, aspectos de salud, agua e higiene, como la manipulación segura del agua, las causas frecuentes de diarrea, los diferentes usos del agua en la casa y posibles fuentes de infección bacteriológica. Una vez presentada la relación entre agua y salud, se puede presentar la Desinfección Solar del Agua.

Los videos educativos, que muestran la aplicación de SODIS en otras regiones, pueden usarse como catalizadores para iniciar discusiones entre el público y los capacitadores.

Los relatos orales contados en el idioma local en forma de cuentos también resultan útiles para introducir la desinfección solar. Los niños aprecian especialmente esta herramienta de capacitación.

### Material que se deja para ser colocado en casa

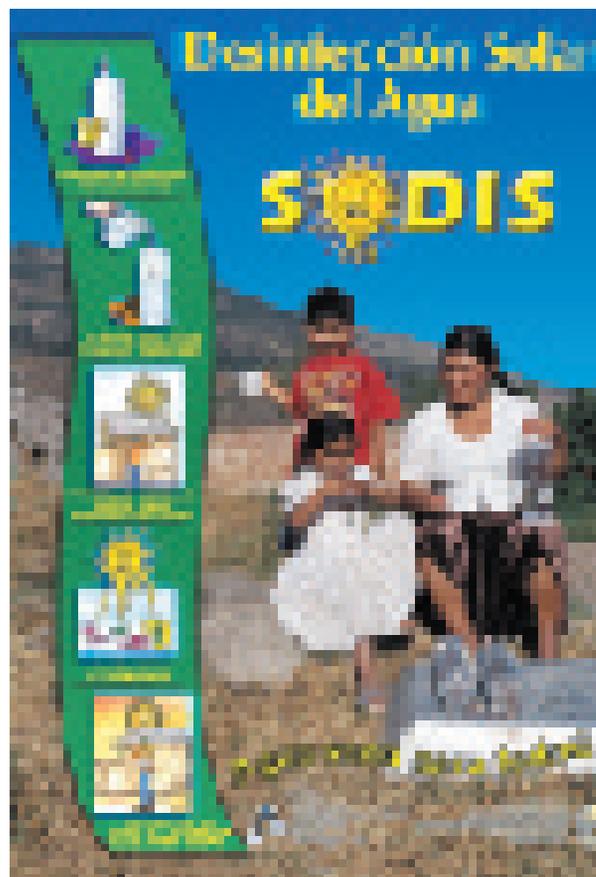
Se entrega a los usuarios afiches coloridos que muestran la aplicación de SODIS paso por paso para que los coloquen en sus casas. Estos afiches de preferencia deben ser grandes (40 x 60 cm) y deben pegarse en la pared en un lugar bien visible. Es importante que las fotos e ilustraciones estén adaptadas a la cultura y las condiciones locales, de manera que los usuarios potenciales se identifiquen con las ilustraciones presentadas.

Los ejemplos de material de capacitación presentados en los Anexos incluyen:

- Anexo A: Rotafolio de afiches.
- Anexo B: Afiches para colocar en las casas.
- Anexo C: Afiches para colocar en las casas.
- Anexo D: Historias cortas para la radio en Bolivia.
- Anexo E: Cartilla sobre SODIS (UNICEF) de Bolivia.

- Anexo F: Juego SODIS: El equipo SODIS en Uzbekistán desarrolló un juego de mesa simple en el que se integran las reglas de SODIS. Resultó una herramienta eficaz para introducir SODIS entre los escolares.

- Anexo G: Respuestas a preguntas frecuentes.



Poster Sodis

## 5.6. Lecciones aprendidas de la capacitación a los usuarios

- Antes de introducir SODIS en una comunidad, es necesario evaluar la situación existente: ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano? ¿Los pobladores ya aplican exitosamente otros métodos de tratamiento del agua? ¿Es necesario presentar e introducir SODIS?

- Los primeros contactos con la comunidad deben realizarse a través de líderes locales y personal médico

(postas de salud). Estas personas deben participar en las actividades de SODIS y deben tomar parte activa en su promoción.

- Es necesario visitar regularmente la comunidad y apoyar a los usuarios de SODIS con consejos. Esta actividad requiere mucho tiempo y recursos.

- El lenguaje usado en el material de capacitación debe estar bien adaptado al grupo objetivo. Los términos usados en las publicaciones deben ser culturalmente apropiados. Es necesario elaborar diferentes materiales para diferentes grupos objetivo:

- Debe incluirse información científica de respaldo en el material usado para el personal técnico del proyecto, funcionarios gubernamentales y personal médico de las postas comunales.
- Deben usarse dibujos e historietas ilustradas para los niños pequeños y personas con bajo nivel de lecto-escritura.
- Los panfletos redactados en un lenguaje simple y adecuadamente ilustrados con figuras son apropiados para los pobladores que saben leer.

- La capacitación debe ser activa y participativa. Esto incrementa la capacidad de los pobladores para aprender.

- Es necesario usar la mayor cantidad de material visual y audiovisual que se pueda durante la capacitación.

- Incluir en la capacitación demostraciones prácticas sobre cómo funciona SODIS y, de ser posible, demostrar también su eficacia.

- La programación de las reuniones comunales debe hacerse en estrecha consulta con la comunidad. Por ejemplo, los campesinos no pueden asistir a reuniones durante las temporadas agrícolas.

- Dependiendo del contexto cultural, puede ser necesario realizar reuniones separadas para hombres y mujeres.

- Frecuentemente, las mujeres son las responsables de la preparación de los alimentos y del agua, así como de la higiene familiar. Además, las mujeres se ocupan del cuidado y la salud de los niños. Por lo tanto, es importante integrar a las mujeres en la capacitación de SODIS y centrar la discusión y las herramientas de capacitación en su rol.

- Es mejor presentar sólo un tópico durante una lección

o reunión grupal y repetir el pensamiento central varias veces en lugar de acumular demasiado material en una sesión.

- Debe introducirse SODIS junto con la capacitación en salud y hábitos de higiene. El mejor enfoque es integrar SODIS dentro de proyectos existentes de educación sanitaria.

- Entregar por lo menos dos botellas de SODIS a cada familia inmediatamente después de la capacitación, pues en ese momento los usuarios generalmente sienten curiosidad por probar el nuevo método de purificación del agua. De no contar con botellas inmediatamente después de la capacitación, el interés inicial puede desvanecerse. Posteriormente, los usuarios se pueden organizar con el fin de obtener más botellas para abastecer a toda la familia con agua segura.

- Las personas influyentes convencidas de las bondades de SODIS tendrán una gran influencia en la manera en que SODIS es aceptado y adoptado por la comunidad.

- La relación entre los promotores y la comunidad es un aspecto clave para el éxito del proyecto. Cuanto más estrecha y fuerte sea la relación, mayores serán las posibilidades de que se adapte exitosamente SODIS.



SODIS debe introducirse junto con la capacitación en salud y hábitos de higiene. Cochabamba, Bolivia.

### SODIS en las escuelas

- Se puede llegar a los padres a través de sus hijos, pues los padres estarán dispuestos a invertir tiempo y dinero en el bienestar de sus hijos.
- Los niños generalmente están abiertos a las nuevas ideas.
- Los niños definitivamente deben ser un objetivo central en la difusión de SODIS, pues son los más susceptibles a la diarrea.
- Las estructuras de escuelas y jardines de niños pueden usarse fácilmente para la difusión de la idea de SODIS.
- Las actividades deben coordinarse con el departamento de educación local. Ésta es una condición previa para una buena cooperación con los directores de las escuelas.

- Podría fijarse un día SODIS o utilizarse la capacitación de profesores para llegar a escuelas enteras con la idea de SODIS.



SODIS en las escuelas de Ecuador.



El entusiasmo en los niños contribuye a que la tecnología SODIS pueda llegar de forma más rápida a sus familias. Indonesia.

## 6. PROMOCIÓN DE SODIS A NIVEL NACIONAL



### 6.1. Diferentes niveles de promoción

Si bien SODIS es una tecnología simple para purificar el agua para consumo humano, su difusión y promoción a diferentes niveles requiere de un proceso dinámico y creativo. El objetivo final es que SODIS no sólo quede como un conocimiento teórico, sino que la idea sea aceptada y recomendada por las autoridades locales y sea puesta en práctica por quienes necesitan un método de tratamiento del agua simple y de bajo costo. El proceso de promoción de SODIS en cada país debe centrarse principalmente en tres niveles:

1. Autoridades de diferentes instituciones gubernamentales y ONGs locales e internacionales: el conocimiento sobre SODIS debe transmitirse a estas organizaciones a través de seminarios, talleres o comunicaciones interpersonales.
2. Personal técnico y promotores de diferentes instituciones que muestren interés en SODIS: el conocimiento teórico y práctico sobre SODIS se transmite mediante talleres de aproximadamente 2 días de duración. El objetivo es instruir al personal técnico en los detalles técnicos de SODIS con el fin de que lo reconozcan como un método alternativo para el tratamiento del agua y asuman el trabajo de promoción de SODIS después del taller. Es importante que los técnicos estén convencidos de SODIS, ya que ellos tienen una estrecha relación con las comunidades locales y con los futuros usuarios de SODIS, y su compromiso y entusiasmo por el método influyen en el nivel de aceptación por parte de los pobladores.
3. Líderes comunales: la promoción a este nivel debe dirigirse en primer lugar a personas claves en la comunidad, como los líderes locales u otras personas respetadas, ya que ellas pueden influir en el nivel de aceptación de SODIS. En la comunidad, se presentará SODIS a los futuros usuarios

durante reuniones grupales o también puede ser promocionado directamente, visitando a los usuarios en sus casas y explicándoles y demostrando el uso de SODIS en el lugar.

### 6.2. Aceptación a nivel comunal

SODIS es un método muy simple para la purificación del agua. Esto hace que su promoción sea muy atractiva, pero también influye en la aceptación a nivel comunal. Los futuros usuarios frecuentemente dudan de que un método tan simple realmente funcione y sea confiable. La realización y demostración de pruebas microbiológicas con el kit portátil DelAgua es una herramienta para superar tales dudas. Otra posibilidad es realizar pruebas simples de presencia/ausencia. Tales pruebas se han usado en Nepal para demostrar la eficacia de SODIS en diferentes comunidades. Una ventaja es que los propios pobladores pueden realizar estas pruebas y que las pruebas de presencia/ausencia tienen un menor costo que la filtración por membrana.

Otro factor que influye en la aceptación es que SODIS debe actuar vinculado a un proceso de cambio en los hábitos de higiene. Dicho proceso de cambio de hábitos requiere mucho tiempo y los resultados no pueden lograrse en un período corto.

La promoción sólo será exitosa si la estrategia de implementación incluye el entorno, las costumbres, las creencias culturales y las tradiciones de los pobladores. Por ejemplo, la promoción de SODIS en comunidades indígenas de América Latina tiene una gran ventaja, pues el sol tiene una gran importancia en su cultura y tradición.



## Los pequeños embajadores de SODIS

Testimonio de Bruno Gremion, Fundación SODIS

SODIS se introdujo en el área rural de Mizque, Bolivia, durante los últimos dos años a través del programa de agua de UNICEF. Si bien las comunidades recolectan su agua de canales de irrigación muy contaminados, la mayoría de la población no usaba ningún tratamiento doméstico del agua antes de la introducción de SODIS. En los primeros meses después de la introducción de SODIS, sólo una parte de los pobladores usaba regularmente el método para la preparación del agua para su consumo, a pesar de la calidad bastante crítica del agua y de una alta incidencia de enfermedades diarreicas. Sin embargo, durante los siguientes meses, muchas familias que habían usado sólo ocasionalmente SODIS para la preparación del agua que consumían, se convirtieron en usuarios regulares. Este éxito podría atribuirse en parte al intensivo seguimiento y a la campaña de educación en higiene, pero también a otros factores que contribuyeron a la aceptación de SODIS por parte de los pobladores.

Durante una evaluación de campo en enero de 2002, personal del proyecto visitó las comunidades. Una de las familias visitadas fue la familia Andía. Doña Cecilia y Don Melquiades explicaron cómo se convirtieron en usuarios convencidos de SODIS.

"Hace un año nos enteramos de SODIS en un taller realizado en una reunión comunal", explicó Doña Cecilia. "Luego del taller, varias veces recibimos la visita de trabajadores de campo que nos recordaban la importancia de tratar nuestra agua para consumo. Por lo tanto, yo preparaba botellas de SODIS de vez en cuando, cada vez que me acordaba de ponerlas en el techo".

En esta etapa, la familia no había adoptado realmente el método SODIS, pues sólo trataban ocasionalmente el agua que consumían.

"Pero a fines de año, vino un grupo de niños a nuestra comunidad a hacernos una pequeña visita", nos contó Don Melquiades, "estos niños venían de una escuela rural del departamento vecino de Potosí, donde se había promocionado SODIS a través de las escuelas. Cuando vi a estos niños explicándonos ¿por qué y cómo? aplicar SODIS, me sentí un poco avergonzado por el hecho de que niños de otra comunidad tuvieran que venir a enseñarnos lo que debíamos hacer para

nuestra salud. Ahora, nuestra hija es la responsable de llenar las botellas de SODIS cada mañana y de exponerlas al sol en el techo. Si ella se olvida de preparar las botellas por alguna razón, yo siempre le recuerdo que lo haga".



## Factores que contribuyen a la aceptación de SODIS en las comunidades

Durante la promoción de SODIS en las comunidades, los promotores deben enfatizar que SODIS es un método nuevo, simple y atractivo para el tratamiento del agua que sólo requiere la luz del sol y botellas de plástico transparente como recursos. Se puede reforzar el mensaje si los líderes comunales u otras personas respetadas, como los profesores, técnicos reconocidos, autoridades gubernamentales, médicos, etc., apoyan la aplicación de SODIS.

Los siguientes mensajes claves son importantes y demostrarán las ventajas de SODIS para la comunidad:

- En comparación con el agua tratada mediante hervido o cloración, el agua tratada aplicando el método SODIS tiene un mejor sabor.
- SODIS contribuye con la economía familiar. Al usar SODIS, la familia ya no tiene que comprar combustible para hervir el agua que va a consumir.
- Los integrantes de la familia tendrán menos diarreas

y de esa manera serán más saludables. Por lo tanto, tendrán que gastar menos en tratamientos médicos.

- SODIS reduce la carga de trabajos de mujeres y niños, que generalmente son los responsables de la recolección de leña y de la preparación del agua para consumo.
- La aplicación de SODIS es simple y fácil de entender para todos.

### Lecciones aprendidas sobre la aceptación a nivel comunal

- Es esencial ganar la confianza de los pobladores de la comunidad donde se promociona SODIS. Los promotores deben estar totalmente convencidos del método SODIS que están promocionando y deben usarlo para la preparación del agua que ellos mismos consumen. Deben usar un lenguaje claro y simple para evitar confusiones. También tienen que explicar las limitaciones de SODIS.
- Es necesario adaptar el material de promoción a la realidad, la cultura local y el idioma de la población de cada localidad.
- Puede promocionarse SODIS durante reuniones grupales de las comunidades o mediante visitas a las casas de cada familia.
- Debe dejarse a los usuarios material de promoción para su referencia futura.
- Donde no exista disponibilidad de botellas de plástico, debe crearse un proceso de recolección y abastecimiento de botellas plásticas.
- Es útil promocionar SODIS durante eventos públicos especiales en las comunidades.
- La experiencia ganada durante la promoción de SODIS en las escuelas rurales de Bolivia demostró que los niños, con su entusiasmo y dinamismo, pueden convertirse en importantes promotores de SODIS en sus comunidades.

## 6.3. Cooperación con las autoridades

La cooperación con las instituciones gubernamentales en diferentes niveles de operación es un aspecto clave para una difusión amplia de SODIS a nivel nacional. Durante la promoción de SODIS, debe darse alta prioridad a obtener el reconocimiento institucional del mismo por parte de las autoridades locales y organismos internacionales. El establecimiento de una alianza para la promoción y difusión de SODIS con las autoridades gubernamentales de cada país ha demostrado ser muy eficaz para la amplia aceptación y difusión del método. El equipo de promoción de SODIS debe tratar de integrar el método SODIS dentro del plan nacional de educación y difundirlo a través de los canales de difusión oficiales.

Por lo tanto, el equipo del proyecto SODIS debe establecer un buen contacto e intercambio de información con los funcionarios de las instituciones gubernamentales involucradas a nivel central y local. La organización de un taller institucional es un buen método de presentar SODIS a los responsables de tomar decisiones.

Por ejemplo, en Uzbekistán, el responsable del departamento de salud presentó SODIS a los principales médicos durante una reunión distrital. Además, se pidió a los médicos que instruyeran a su personal médico en las postas de salud comunales para que difundieran la idea entre la población.

Sin embargo, no es una tarea fácil introducir SODIS a las autoridades, especialmente en el Ministerio de Salud. Durante años, estos funcionarios han promocionado la desinfección del agua mediante su hervido o cloración y, por lo tanto, añadir una nueva recomendación puede tomar tiempo. No obstante, la cooperación con las autoridades para la promoción de SODIS contribuye a darle credibilidad y, por lo tanto, debe constituir una parte integral del programa de promoción.

### Actividades para desarrollar la cooperación con las autoridades

Una estrecha cooperación con las instituciones gubernamentales requiere un diálogo permanente. Los siguientes factores facilitan el desarrollo de una cooperación fluida:

1. La presentación de SODIS debe centrarse en aspectos técnicos e incluir las ventajas y limitaciones de la desinfección solar del agua. Además, debe enfatizarse el hecho de que SODIS no reemplaza los métodos tradicionales de desinfección del agua sino que es un método alternativo para el tratamiento del agua en situaciones en las que otros métodos resultan inadecuados.

2. Una vez que SODIS haya ganado credibilidad, será necesario convencer a las autoridades gubernamentales para que integren SODIS dentro de los programas de salud y educación en higiene ya existentes.

3. Debe sugerirse la integración del método SODIS en el plan de acción, manual de educación popular o algún documento de trabajo similar con relación a los servicios públicos, especialmente del Ministerio de Salud y del Ministerio de Educación.

4. Al organizar los talleres de promoción de SODIS a nivel regional o nacional, siempre debe buscarse la

cooperación con la autoridades centrales y locales para que patrocinen el evento.

#### Lecciones aprendidas sobre la cooperación con los gobiernos.

- La cooperación con el gobierno debe ser una parte integral del programa SODIS, pues la promoción por parte de la autoridades incrementa la credibilidad de SODIS.
- Podría tomar algún tiempo hasta que SODIS sea aceptado oficialmente pues la introducción de este método implica cambiar el paradigma de las autoridades.
- El cambio de personal entre los diferentes departamentos del gobierno u organizaciones internacionales frecuentemente retrasa el establecimiento y la implementación de planes de acción. En los casos más severos, es necesario reconstituir una cooperación fluida partiendo de cero.



Reunión de representantes de instituciones, ONG's y donantes. Ecuador.



Representantes de diferentes instituciones de 6 países en el taller internacional SODIS. Bolivia.

## 6.4. Construcción de redes

Organizar actividades destinadas a establecer una red de organizaciones involucradas en la difusión de SODIS en cada país es una tarea importante para fortalecer la promoción del método. Una red de organizaciones promotoras de SODIS a nivel nacional fortalece las alianzas de cooperación entre las diferentes instituciones que han asumido la tarea de difundir SODIS a través de sus programas y actividades.

La publicación de un boletín es una buena herramienta para el intercambio de información. A través del intercambio de información, se fortalece la red existente de organizaciones promotoras de SODIS y es posible realizar nuevos contactos para la difusión. El boletín debe contener información técnica sobre el método, así como relatos de las experiencias de las diferentes instituciones durante la implementación del proyecto.

La creación de una red SODIS en cada país contribuirá

enormemente a una difusión sostenible del método ya que:

1. Se inicia un proceso de aprendizaje cuando las diferentes organizaciones comparten sus experiencias sobre la difusión de SODIS.
2. La red amplía el constante compromiso de las diferentes instituciones de promocionar SODIS dentro de sus áreas de trabajo.
3. Se inicia un efecto multiplicador en la medida que se atrae a nuevas organizaciones con potencial para difundir SODIS.

Además de la publicación de un boletín, también es importante crear herramientas para la reflexión. Por ejemplo, talleres institucionales donde se intercambien y discutan las experiencias y lecciones aprendidas durante la implementación de proyectos SODIS y donde se desarrollen nuevas estrategias. Lo ideal es organizar una vez al año un taller para todas las organizaciones activamente involucradas en la promoción de SODIS.



### Red de instituciones que promocionan SODIS en diferentes países.

Dado que el intercambio de experiencias e información no sólo es importante a nivel nacional sino que también es necesario entre instituciones de diferentes países, se ha establecido una red SODIS en América Latina. Hasta ahora, la red SODIS latinoamericana integra a unas 100 instituciones de Nicaragua, Guatemala, Honduras, Ecuador, Perú, El Salvador y Bolivia. De igual manera, a nivel de la red internacional, el intercambio de experiencias es un proceso dinámico. Se publica trimestralmente un boletín de noticias sobre SODIS para América Latina.



Los socios potenciales para la difusión de SODIS son:

- Instituciones gubernamentales y trabajadores de campo, incluidas las postas de salud comunales.
- Organizaciones no gubernamentales locales.
- Organizaciones no gubernamentales internacionales.
- Organizaciones comunales.
- Escuelas y jardines de infancia.
- Medios de comunicación, etc.

## 6.5. Material de promoción

El material de promoción es una herramienta importante durante el proceso de difusión. Es posible usar diferentes materiales, herramientas y métodos para llegar a un gran número de personas y transmitir conocimientos sobre SODIS:

- Televisión: La TV es una herramienta muy adecuada para llegar a una amplia audiencia. Los spots publicitarios cortos emitidos varias veces durante el día, incluido el horario estelar, son más eficaces que los informes largos.
- Spots radiales, programas radiales, cuentos sobre SODIS emitidas por la radio.
- Artículos en periódicos y revistas.
- Volantes, afiches, calcamonías, calendarios.
- Bailes, canciones, representaciones, presentaciones de marionetas.

El material de promoción tiene que estar especialmente diseñado para llegar a cada sector del público objetivo. Los artículos en los periódicos y los documentales en televisión constituyen una herramienta adecuada para llegar a personas con educación superior. Los volantes, afiches y calendarios son herramientas de comunicación adecuadas para llegar a la población que necesita agua de mejor calidad.

Un grupo importante lo constituyen las personas sin acceso a agua potable segura. Como éste es generalmente el sector más pobre y menos educado de la población, es importante que las personas con

deficiencias de lecto-escritura con muy poca educación puedan entender el material promocional y las herramientas diseñadas para ellas. Se ha tenido buenas experiencias usando cuentos grabados sobre SODIS y emitidas por radio, así como afiches con dibujos coloridos e ilustraciones explicando el uso de SODIS que se dejan luego en las casas de los usuarios. También podrían ser útiles las historias cortas sobre experiencias con SODIS emitidas por televisión, pero se tiene que tener en cuenta que con frecuencia los más pobres sólo tienen un acceso limitado a los programas de televisión.

También se ha promocionado SODIS exitosamente en las escuelas a través de títeres, representaciones, bailes y canciones.

### Promoción de SODIS a través de programas radiales

Testimonio de Ana Choque, Fundación SODIS

Durante 6 meses, 5 estaciones de radio en la región andina de Bolivia emitieron programas sobre SODIS. Los programas se difundían en español y quechua, idioma nativo hablado por una gran cantidad de la población. En Cochabamba, Radio Pío XII fue una de las estaciones que emitieron programas sobre SODIS. Radio Pío XII es administrada por una congregación católica y tiene una amplia cobertura en los sectores periféricos de la ciudad y en las áreas rurales vecinas. El mensaje sobre SODIS también llegó a los oídos de muchos miembros del clero. El padre Guillermo Siles, director de Radio Pío XII, explicó que los programas de SODIS tuvieron un gran impacto dentro de su congregación.

“Uno de los sacerdotes que vive en nuestra congregación, el padre Amado, quien también es capellán en una prisión cercana, se ha convertido en un entusiasta usuario de SODIS desde que escuchó sobre este nuevo método en la radio.

Poco después de escuchar sobre SODIS, realizó sus primeras pruebas preparando agua para su propio consumo mediante la exposición a la luz solar. Ahora, la congregación coloca todos los días 3 botellas de agua en el techo y deja otras 3 dentro de la casa de los sacerdotes con agua lista para el consumo”, nos cuenta el padre Guillermo. “En realidad, el agua tratada con SODIS sabe mejor que el agua mineral embotellada. Como nosotros, otros miembros del clero que viven en áreas rurales han adoptado SODIS. Por ejemplo, el padre Oscar y el hermano Hugo que viven en Pojo. Creo que los programas radiales han motivado a la gente a probar SODIS. El mensaje es muy claro y fácil de entender. En el futuro, creo que sería mejor emitir frecuentemente mensajes cortos sobre SODIS, pues la gente ya está informada, pero se necesita recordarles la idea constantemente hasta que se produzca un cambio de hábito”.

El padre Guillermo no sólo difunde los mensajes sobre SODIS a través de la radio sino que también promueve SODIS en su propia familia. “En una oportunidad visité a mi madre y hermana y les llevé agua tratada con el método SODIS en lugar de una bebida gaseosa. Les hice probar el agua y les expliqué cómo prepararla. Desde ese día, mi madre también ha empezado a beber agua tratada aplicando SODIS”.



# LISTA DE REFERENCIAS



## Publicaciones sobre agua

1. WHO/ UNICEF/ WSSCC (2000): Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report
2. WHO (2000): The world health report: Making a difference. Geneva, World Health Organization, 2000
3. Rice A.L., Sacco L., Hyder A., Black R.E. (2000): Malnutrition as an underlying cause of childhood deaths associated with infectious diseases in developing countries. Bull WHO, 2000, Vol. 78 No.10: pgs. 1207-1221
4. Mintz E., Bartram J., Lochery P., Wegelin M. (2001): Not just a drop in the bucket: expanding access to point-of-use water treatment systems. AJPH Oct. 01
5. WHO (1997): Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. 3, Geneva
6. Gilman R.H., Skillicorn P. (1985): Boiling of drinking water: can a fuel-scarce community afford it? Bull WHO 1985; No. 63: pgs. 157-163
7. DeKonig H.W., Smith K.R., Last J.M. (1985): Biomass fuel consumption and health. Bull. WHO. 1985; 63: pgs.11-269
8. Quick R.E., et al.(1999): Diarrhoea prevention in Bolivia through point-of-use water treatment and safe storage: a promising new strategy. Epidemiol Infect, Vol. 122 No.1: pgs. 83-90
9. Curtis V., Cairncross S., and Yonli R. (2000): Domestic hygiene and diarrhoea - pinpointing the problem. Tropical Medicine and International Health, Vol. 5 No.1: pgs. 22 - 32.
10. Ise T., et al. (1994): Clinical evaluation and bacterial survey in infants and young children with diarrhoea in the Santa Cruz District, Bolivia. J Trop Pediatr, Vol. 40 No.6: pgs. 369-374
11. WHO (1993): Guidelines for Drinking Water Quality, 2nda edición. Vol. 1, Geneva
12. Cairncross S., Feachem R. (1993): Environmental Health Engineering in the Tropics. 2nda edición, John Wiley & Sons, Chichester

## Publicaciones sobre SODIS

- 13a. Acra A., Raffoul Z., Karahagopian Y. (1984): Solar Disinfection of Drinking Water and Oral Rehydration Solutions, UNICEF (extracto)
- 13b. Acra A., Jurdi M., Mu'Allem H., Karahagopian Y., Raffoul Z. (1990): Water Disinfection by Solar Radiation, Assessment and Application, Technical Study 66e, IDRC (extracto)
14. Lawand T.A., Alward R., Odeyemi O., Hahn J., Kandpal T.C., Ayoub J. (1988): Solar Water Disinfection, Proceedings of a Workshop held at the Brace Research Institute, Montreal, Que., Canada, 15 - 17 August 1988 (extracto)
15. Wegelin M., Canonica S., Mechsner K., Fleischmann T., Pesaro F., Metzler A. (1994): Solar Water Disinfection: Scope of the Process and Analysis of Radiation Experiments, Journal of Water Supply: Research and Technology, Aqua (J Water SRT – Aqua) Vol. 43, No.4, pgs.145-169
16. Sommer B. et al. (1997): SODIS – An Emerging Water Treatment Process, J Water SRT – Aqua Vol. 46, No. 3, pgs. 127-137
17. Reed R.H. (1997): Solar inactivation of faecal bacteria in water: the critical role of oxygen, Letters in Applied Microbiology, pg. 24

18. Kehoe S.C., Joyce T.M., Ibrahim P., Gillespie J.B., Shahar R.A. and McGuigan K.G. (2001): Effect of agitation, turbidity, aluminium foil reflectors and volume on inactivation efficiency of batch-process solar disinfectors. *Water Research* 2001, Vol. 35, No.4, pgs. 1061-1065
19. Wegelin M., Canonica S., Alder A.C., Marazuela D., Suter M., Bucheli Th.D., Haefliger O.P., Zenobi R., McGuigan K.G., Kelly M.T., Ibrahim P., Larroque M. (2000): Does sunlight change the material and content of polyethylene terephthalate (PET) bottles? *IWA Publishing, J Water SRT - Aqua* Vol 50, No. 3, pgs. 125-135
20. Quispe V., Mercado A., Iriarte M. (2000): Ensayos sobre desinfección solar. Reporte de Investigación, CASA, UMSS, Cochabamba, Bolivia
21. CASA/ UMSS (1997): Desinfección Solar de Aguas (SODIS). Informe final.
22. Rocha J.C. (1985): Desinfección Solar del Agua. Tesis. UMSA, La Paz
23. Solarte Y. et al (1997): Uso de la radiación solar en la inactivación del *Vibrio cholerae* en agua para consumo humano. Factores que condicionan la eficiencia del proceso. *Colombia Médica*, Vol.28, No.3, pgs. 123-129
24. Zerbini C. (1999): Kostengünstige und effektive Methode zur Verbesserung der Wasserqualität: Wirkung von UV-Licht kombiniert mit erhöhter Wassertemperatur auf die Viabilität der *Giardia lamblia* Zysten und der *Cryptosporidium parvum* Oozysten. Tesis, Instituto Tropical Suizo (STI)
25. Reed R.H. (1997): Innovations in solar water treatment. 22nd WEDC Conference, pgs. 184-185, Durban, South Africa
26. Wegelin M., Sommer B. (1998): Solar Water Disinfection (SODIS) destined for worldwide use? *Waterlines* Vol.16, No.3, pgs. 30-32
27. Kefauver J. (2000): Solar Water Disinfection Project, Mataagalpa, Nicaragua. Reporte de proyecto

## Aspectos de Salud

28. Conroy R.M., Elmore-Meegan M., Joyce T., McGuigan K.G., Barnes J. (1996): Solar disinfection of drinking water and diarrhoea in Maasai children: a controlled field trial. *Lancet* 348, pgs. 1695-1697
29. Conroy R.M., Meegan M., Joyce T., McGuigan K.G., Barnes J. (1999): Solar disinfection of water reduces diarrhoeal disease: an update. *Arch.Dis.Child* 81: 337-338
30. Hobbins M., Mäusezahl D., Tanner M. (2000): Home-based drinking water purification: The SODIS Health Study, Bangladesh. *Swiss Tropical Institute, Basel, Berkeley, Rajshahi.*
31. Conroy R.M., Meegan M., Joyce T., McGuigan K.G., Barnes J. (2001): Solar disinfection of drinking water protects against cholera in children under 6 years of age. *Arch Dis Child*, Vol. 85, No. 4, pgs. 293-5
32. Feachem R., Bradley D., Garelick M., Mara D. (1983): *Sanitation and Disease, Health Aspects of Excreta and Wastewater Management.* John Wiley & Sons, UK
33. Hutley S.R.A., Morris S.S., Pisani V. (1997): Prevention of Diarrhoea in Young Children in Developing Countries. *Bull. WHO* Vol. 75, pgs.163-174
34. Mandell G.L. (1995): *Principles and Practice of Infectious Diseases.* Fourth Edition, Churchill Livingstone
35. Esrey S.A., Potash J.B., Roberts L., Shiff C. (1991): Effects of improved water supply and sanitation on Ascariasis, Diarrhoea, Dracunculiasis, Hookworm Infection, Schistosomiasis, and Trachoma. *Bull. WHO* Vol. 69, No.5, pgs.609-621

# ANEXOS



## Anexo A: Rotafolio

### Lámina 1: El agua y la naturaleza

#### Objetivo de la lámina:

Reflexionar sobre los diferentes tipos de fuentes de agua (ríos, arroyos, vertientes, pozos, lagunas, atajados, etc.), de donde las personas se abastecen para su consumo diario

#### Posibles Preguntas:

¿Qué pueden ver en esta lámina?

¿Qué tipo de fuentes de agua conocen?

#### Contenido:

Podemos dividir las fuentes de agua en dos grupos principales:

- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas

Las aguas superficiales se encuentran en ríos, arroyos, lagos, quebradas u otras.

Las aguas subterráneas se encuentran en los pozos o norias y vertientes.



Lámina 1

Las fuentes de agua se forman partir del ciclo hidrológico del agua, es decir, se produce primeramente una evaporación de los lagos, mares, luego una precipitación e infiltración en el suelo, para formar las fuentes. La otra parte fluye a manera de corrientes superficiales sobre la tierra para formar los ríos, arroyos y lagos.

### Lámina 2: Uso del agua

#### Objetivo de la lámina:

Reflexionar a cerca de los diferentes usos que se le da al agua a nivel doméstico y principalmente sobre la calidad de agua para tomar.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué se ve en la lámina?

¿En qué utilizamos el agua?

¿Qué otros usos le damos al agua?

¿Para cuál de los usos ilustrados se requiere agua de mejor calidad?

#### Contenido:

Beber, cocinar, bañarnos, lavar la ropa, dar de beber a los animales, regar los cultivos y huertos



Lámina 2

familiares, también para recrearnos como en las piscinas o los ríos, etc.

Es importante que el agua que se toma para calmar la sed o acompañar las comidas sea sana y esto se puede lograr solamente haciendo un tratamiento de desinfección del agua.

Valorar el agua y cuidar de la misma es una tarea de niños, niñas, hombres y mujeres adultos, porque sin el agua no sería posible la vida, así como es importante que toda la familia esté conciente del mismo.

Recordemos que las mujeres y los niños, son siempre las personas encargadas de acarrear agua para sus viviendas.

### Lámina 3: Contaminación del agua

#### Objetivo de la lámina:

Reflexionar sobre el poco cuidado que se tiene en la protección de las fuentes de agua, provocando por consecuencia su contaminación y los riesgos que tienen las personas al consumir agua contaminada.

#### Posibles Preguntas:

- ¿Qué podemos ver en la lámina?
- ¿De qué otras formas contaminamos las fuentes de agua?
- ¿Es el hombre el único que ensucia las fuentes de agua?
- ¿Qué pasa cuando tomamos agua contaminada?

#### Contenido:

Casi siempre contaminamos las fuentes de agua porque

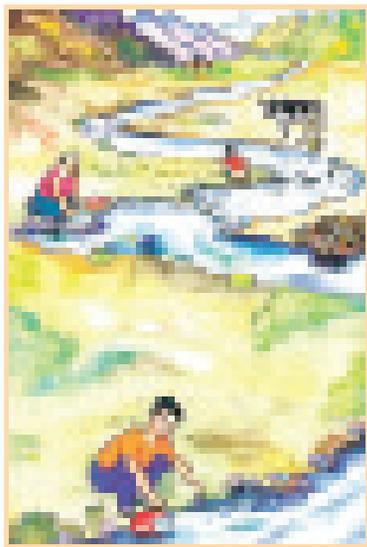


Lámina 3

no tenemos cuidado. Las heces fecales son la principal fuente de contaminación, principalmente cuando las personas y los animales hacen sus necesidades a campo abierto o cerca de las fuentes de agua.

También las industrias y las descomposiciones de las basuras contaminan el agua y así el agua se vuelve no apta para consumo humano.

Cuando vemos el agua cristalina, creemos que está limpia, sin embargo, puede estar contaminada.

### Lámina 4: Hábitos que influyen en la contaminación del agua

#### Objetivo de la lámina:

Reflexionar acerca de los hábitos de higiene que tienen las personas en el aseo de sus viviendas y el poco cuidado a las fuentes de agua.

#### Posibles Preguntas:

- ¿Qué pueden ver en esta lámina?
- ¿Cómo está la fuente de agua de esta familia?
- ¿Dónde dejan sus desechos?
- ¿Qué están haciendo los animales. Están en el lugar adecuado?
- ¿Es correcto hacer las necesidades en cualquier lugar?
- ¿Qué está haciendo el niño?
- ¿Cómo deberíamos cuidar el agua que utilizamos para nuestro consumo?

#### Contenido:

El agua que consumimos no sólo la contaminamos en las fuentes; si no también en la casa, al no tener cuidado con la limpieza de los recipientes donde



Lámina 4

guardamos el agua o cuando el reservorio o tanque de almacenamiento no están protegidos.

- Si las condiciones de higiene en la casa no son adecuadas, la contaminación del agua puede ser mayor, por ejemplo:
- Si la soga que utilizamos para sacar agua del pozo está en contacto con algo contaminado.
- Si las aves están sobre el barril de agua, podrían incluso defecar en el agua,
- Cuando la gente o los animales hacen sus necesidades cerca de la casa o de la fuente de agua con que se abastece la familia.

### Lámina 5: Ciclo de transmisión de los microbios fecales

#### Objetivo de la lámina:

Mostrar el proceso de contaminación del agua, alimentos y recipientes por las heces fecales.

Mostrar el ciclo de transmisión de enfermedades diarreicas.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué pueden ver en esta lámina?

¿Los alimentos se pueden contaminar si los dejamos sin ninguna protección, así como en la figura?

¿Qué pasa si tenemos nuestros platos y tazas con alimentos, así como nos muestra la lámina?

¿Qué está pasando en el estómago del niño?

¿Cómo llegan los microbios hasta nuestro organismo?



Lámina 5

#### Contenido:

Los hábitos de higiene que se tiene en el hogar influyen en la calidad del agua, en cuanto a su pureza o grado de contaminación.

Las heces fecales son la principal fuente de contaminación tanto para el agua como para los alimentos.

Para explicar esto, observemos con detenimiento la primera figura del niño defecando. Cada uno de nosotros (adultos y niños), ya sea cuando estamos sanos o enfermos, tenemos en nuestro intestino, microbios que pueden producir enfermedades diarreicas en otras personas. A través de las heces estos microbios van al medio ambiente.

Pasemos ahora a la segunda figura (pozo de agua) y a la tercera (mesa con los alimentos). Los microbios de las heces de la figura 1, se han dispersado con la lluvia, viento o mediante los animales, principalmente los insectos. Tanto el agua del pozo, como los alimentos han sido contaminados fecalmente.

Finalmente, en la última figura, una persona sana está consumiendo el agua y los alimentos contaminados. Es seguro que estos microbios producirán dolores de estómago y diarreas en esta persona. Estos microbios, los llamaremos microbios patógenos (microbios que causan enfermedades). Cuando esta persona defaque, liberará de nuevo los patógenos en el medio ambiente.

De esta manera se produce el ciclo de transmisión de microbios fecales.

### Lámina 6: Consecuencias del consumo de agua contaminada

#### Objetivo de la lámina:

Mostrar los microorganismos existentes en el agua contaminada y las consecuencias del consumo de la misma.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué pueden ver en esta lámina?

¿Qué vemos dentro del agua?

¿Qué está haciendo la mujer?

¿Si toma agua contaminada qué le puede pasar?

¿Cuáles son los malestares que tiene cuando consume agua contaminada?

¿Cómo llegan los microbios hasta nuestro organismo?

**Contenido:**

Si no limpiamos los recipientes donde vamos a guardar el agua, ésta, aunque estuviera limpia, se puede contaminar por el recipiente.

Dentro del agua existen microorganismos que son bichos muy pequeños que no se pueden ver, al ver agua cristalina, creemos que está limpia y no siempre es así.

Si esta agua es consumida por alguien, como se muestra en la figura, la persona se enfermará con infecciones estomacales produciendo:

Vómitos, dolores de estómago, diarreas.

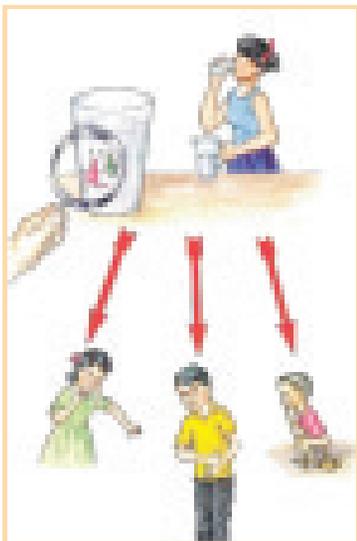


Lámina 6

**Lámina 7: Hábitos que contribuyen a la protección del agua**

**Objetivo de la lámina:**

Mostrar qué tipo de medidas de protección deben tomarse para las fuentes de agua así como para los recipientes usados para almacenar el agua

**Posibles Preguntas:**

- ¿Qué podemos ver en la lámina?
- ¿Cómo podemos proteger las fuentes de agua?
- ¿Cómo está el recipiente donde guardamos el agua?
- ¿Dónde deben permanecer los animales?
- ¿Cómo es el ambiente de la casa?
- ¿Cuál es la diferencia entre esta lámina y la lámina nº 5?

**Contenido:**

Debemos proteger nuestras fuentes de agua de la

contaminación:

Cuidar que los animales estén a suficiente distancia de la fuente de agua, que permanezcan dentro de un cerco y que tengan una fuente de agua aparte.

Cuidar del ambiente alrededor de la casa, cada cosa debe tener su lugar específico.

El lugar de defecación debe estar lejos de la casa y de la fuente de agua. Y de manera especial:

- Mantener los pozos tapados.
- Tener una soga y un recipiente limpios para sacar agua del pozo.
- Tapar el recipiente donde se almacena el agua.
- Mantener los desperdicios en un recipiente cerrado.

De esta manera, se puede garantizar una mejor calidad de agua para el consumo diario.

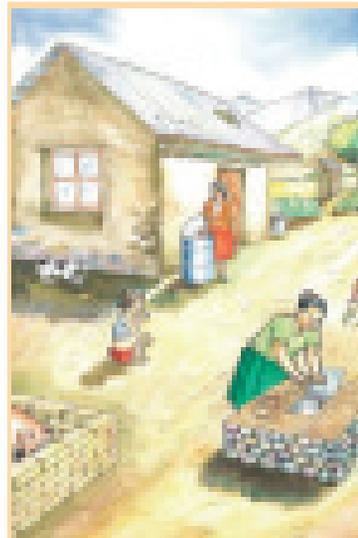


Lámina 7

**Lámina 8: Higiene personal, lavarse las manos**

**Objetivo de la lámina:**

Mostrar la importancia de la higiene personal además de la protección del agua y la limpieza de la casa.

**Posibles Preguntas:**

- ¿Qué podemos ver en la lámina?
- ¿Cuándo es necesario lavarse las manos?
- ¿Qué se debe hacer después de ir al baño/letrina?
- ¿Por qué es importante lavarse las manos antes de cocinar y comer?

**Contenido:**

Es muy importante tener hábitos adecuados de higiene personal. Esto contribuye a una mejora de la salud de la familia. Algunas prácticas de higiene importantes son:

- Lavarse las manos con jabón antes de cocinar y comer.
- Lavarse las manos después de defecar y limpiar el trasero de los bebés.

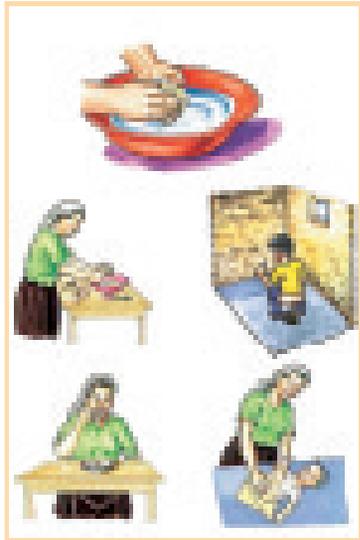


Lámina 8

### Lámina 9: Métodos comunes para desinfectar el agua

#### Objetivo de la lámina:

Explicar diferentes métodos comúnmente usados para desinfectar el agua para el consumo, tales como: hervido, cloración y SODIS.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Qué otras formas de desinfección de agua conocemos?

¿Ya han escuchado sobre SODIS?

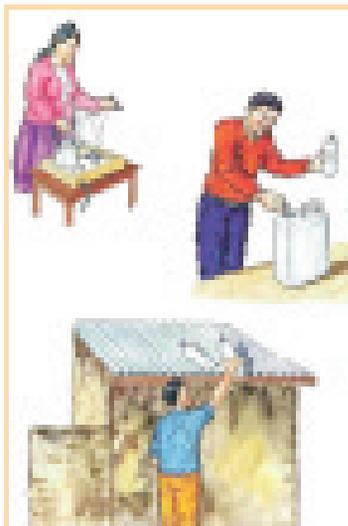


Lámina 9

#### Contenido:

Las formas más comunes de desinfección del agua en el hogar son:

- hervir el agua
- tratar el agua con cloro
- aplicar SODIS

### Lámina 10: ¿Cómo funciona SODIS?

#### Objetivo de la lámina:

Explicar claramente el efecto de la luz solar en los patógenos humanos presentes en el agua.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Qué piensan que sucede con los patógenos que contaminan el agua cuando la luz solar cae directamente sobre ellos?

¿Cómo es que la luz solar puede llegar a los microorganismos que se encuentran en el agua?

¿Creen que la luz solar puede destruirlos?

#### Contenido:

SODIS es un método de desinfección del agua que funciona de la siguiente manera:

Cuando los rayos solares directos, y especialmente la radiación ultravioleta que se encuentra en ellos, penetran el agua, destruyen completamente los patógenos humanos. La luz solar aumenta la temperatura del agua, lo cual también contribuye a matar los microbios.

De esta manera, la combinación de los dos efectos causados a través de la radiación ultravioleta y el

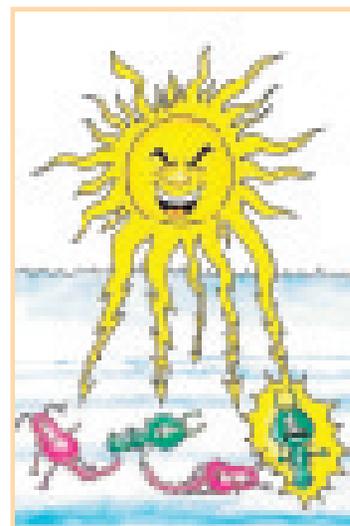


Lámina 10

aumento de la temperatura producen agua desinfectada, apropiada para el consumo humano. Es importante saber que la radiación ultravioleta es un fuerte desinfectante que también se usa en plantas de tratamiento de agua en países industrializados.

Otros efectos de la radiación ultravioleta son: posibles quemaduras de la piel, daño en los ojos o incluso cáncer a la piel. Los patógenos presentes en el agua son muy sensibles a la radiación solar puesto que están acostumbrados a vivir en nuestro estómago e intestinos. Por lo tanto, no tienen ningún mecanismo de protección contra la luz solar. Por esta razón, la radiación UV puede quemar y matar los patógenos.

### Lámina 11: Influencia de la turbiedad del agua y la profundidad de la botella

#### Objetivo de la lámina:

Mostrar el nivel adecuado de turbiedad del agua y profundidad de la botella requerido para una óptima eficiencia de la desinfección solar del agua.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Qué piensan que sucede si el agua expuesta al sol está muy turbia?

¿Qué piensan que pasará si la botella de agua es muy grande?

#### Contenido:

Con el fin de lograr un efecto apropiado de la radiación solar, se necesita cumplir con dos condiciones:

El Agua debe ser clara.

Si el agua que estamos exponiendo está muy turbia, los rayos solares no pueden penetrar a través de toda el agua, porque son absorbidos por las partículas que se encuentran en el agua. En otras palabras, las partículas presentes en el agua turbia protegen a los microorganismos patogénicos y los rayos solares no pueden matarlos.

El tamaño de la botella debe ser adecuado.

Se ha demostrado científicamente que SODIS es un método adecuado para la desinfección de pequeñas cantidades de agua. SODIS no funciona eficientemente con grandes cantidades de agua. Por lo tanto, para aplicar SODIS se recomienda usar botellas con un volumen de 2 litros o menos. La profundidad máxima

del recipiente usado para aplicar SODIS debe ser alrededor de 10 cm, cuando usamos recipientes con mayor profundidad, los rayos solares no pueden penetrar la áreas profundas del recipiente con la misma intensidad. Esto hace que el proceso de desinfección pueda ser incompleto.



Lámina 11

### Lámina 12: Se deben escoger botellas adecuadas y en buen estado para aplicar SODIS

#### Objetivo de la lámina:

Presentar las mejores botellas para la aplicación de SODIS.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Cómo deben ser las botellas?

#### Contenido:

Para lograr que el proceso SODIS sea efectivo es necesario escoger botellas adecuadas y en buen estado. Es importante que las botellas tengan tapa y que puedan cerrarse herméticamente.

Las botellas deben ser de plástico transparente y no de color, ya que los rayos solares no pueden penetrar el plástico de color.

Las botellas necesitan estar intactas, no usar botellas rotas ni con rajaduras.

Las botellas deben estar limpias. Antes de usarlas por primera vez, lave las botellas con agua limpia y un poco de jabón.

Las botellas deben tener un volumen de 2 litros o menos.

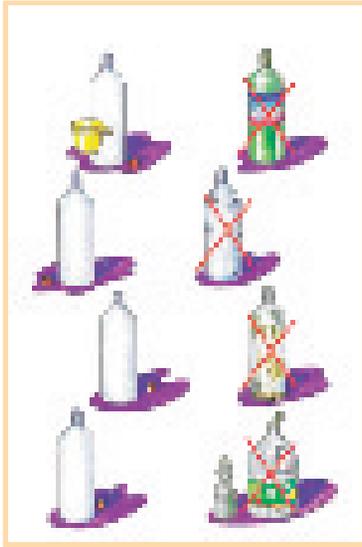


Lámina 12

### Lámina 13: Si el agua está turbia

#### Objetivo de la lámina:

Mostrar qué debe hacerse si el agua está turbia.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Qué podemos hacer si el agua que vamos a usar para SODIS está turbia?

#### Contenido:

Si el agua que vamos a usar para SODIS está turbia, se recomienda:

- Dejar que el agua repose por un rato (dejar que las partículas se sedimenten y luego decantar el agua).
- Filtrar el agua con una tela fina. De esta manera, el agua estará más clara.



Lámina 13

Si no es posible filtrar o decantar el agua, también es posible usar coagulantes (por ejemplo cal). Los coagulantes juntan las partículas y hacen que se asienten con mayor rapidez.

### Lámina 14: Llene completamente las botellas con agua

#### Objetivo de la lámina:

Mostrar que las botellas deben llenarse con agua y luego cerrarse bien.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Cómo debemos llenar las botellas?

#### Contenido:

Cuando el agua está lista para SODIS, debemos llenar las botellas completamente. Luego debemos cerrar bien las botellas de tal manera que no se derrame el agua. Las tapas de las botellas deben estar limpias.



Lámina 14

### Lámina 15: Exponga las botellas al sol

#### Objetivo de la lámina:

Indicar el lugar de exposición de las botellas y la orientación que deben tener.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Dónde están las botellas?

¿Dónde pueden ponerse las botellas?

**Contenido:**

Las botellas deben exponerse al sol en el techo de calamina de la casa, en un pedazo de lámina de zinc corrugada puesta en el suelo o en un techo de tejas si no se dispone de una lámina de zinc corrugada.

Las botellas se exponen al sol en posición horizontal, mirando hacia el sol.

Es importante que el lugar de la exposición reciba sol durante todo el tiempo, esto significa por lo menos desde las 9 de la mañana hasta las 3 de la tarde.

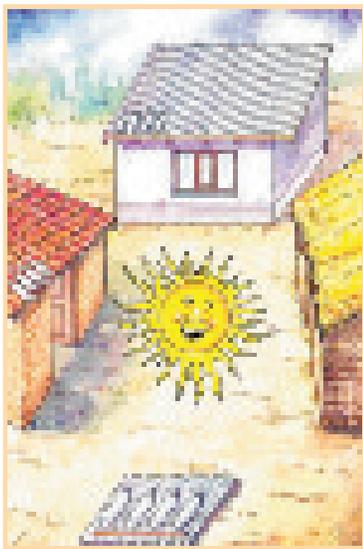


Lámina 15

botellas deben exponerse al sol desde la mañana hasta la tarde por un mínimo de 6 horas. Es mejor si las botellas se exponen al sol durante todo el día. Si el tiempo de exposición es menor, es posible que el proceso de desinfección no se complete.

Es importante saber que las botellas deben exponerse al sol durante las horas de mayor intensidad solar, alrededor del mediodía. No basta exponer las botellas a las 6 de la mañana para usar el agua de éstas a la hora del almuerzo. Las botellas deben exponerse al sol desde las 9 de la mañana hasta las 3 de la tarde. No hay ningún problema si las botellas permanecen expuestas durante un período mayor, tampoco si las botellas se quedan en el techo de un día para otro.

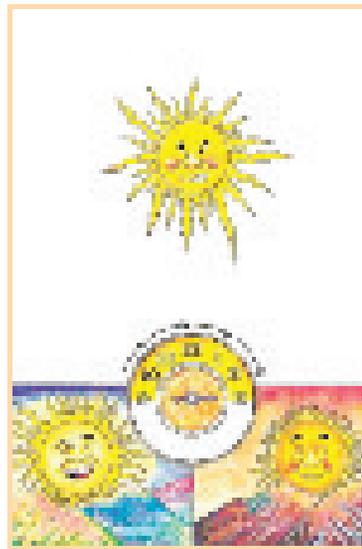


Lámina 16

**Lámina 16: Exponga las botellas desde la mañana hasta la tarde (por lo menos durante 6 horas)**

**Objetivo de la lámina:**

Mostrar el tiempo de exposición requerido para que el sol desinfecte el agua de las botellas.

**Posibles Preguntas:**

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Cuánto tiempo de exposición se requiere para que el sol inactive los microorganismos que se encuentran en el agua?

¿Por qué es importante exponer las botellas por lo menos durante 6 horas?

**Contenido:**

Con el fin de garantizar la desinfección del agua, las

**Lámina 17: Recomendaciones adicionales**

**Objetivo de la lámina:**

Analizar las condiciones climáticas que influyen en el rendimiento de SODIS.

**Posibles Preguntas:**

¿Qué sucede si el día está nublado?

**Contenido:**

Durante días muy nublados, es importante exponer las botellas durante dos días consecutivos. Si llueve durante todo el día, se recomienda usar un método diferente para desinfectar el agua tales como hervir el agua o recolectar agua de lluvia.

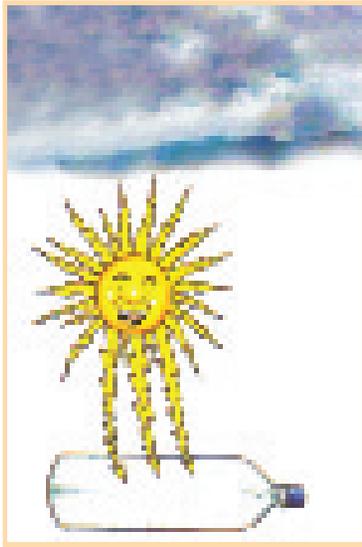


Lámina 17

### Lámina 18: El agua está limpia y segura para su consumo

#### Objetivo de la lámina:

Después de aplicar todos los pasos del método SODIS, el agua está lista para su consumo.

#### Posibles Preguntas:

¿Qué podemos ver en la lámina?

¿Creen que el agua está desinfectada y lista para su consumo después de haber aplicado correctamente todos los pasos del método SODIS?

#### Contenido:

Si todos los pasos indicados de SODIS se realizan de la manera correcta, el agua estará limpia y desinfectada y será segura para su consumo.

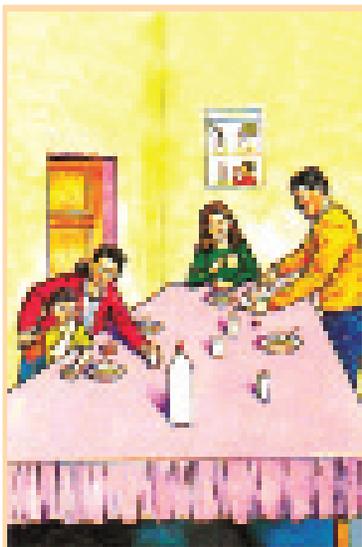


Lámina 18

### Recomendaciones finales

Se recomienda usar el doble de la cantidad de botellas que se requieran para preparar el agua que se consume en un día. Mientras que una botella está expuesta al sol, la otra botella está lista para consumirse en la casa. La botella SODIS es un recipiente limpio y seguro que protege el agua para que no se contamine. Por lo tanto, lo mejor es almacenar el agua desinfectada en la misma botella SODIS y no en un recipiente diferente que podría estar contaminado. Use un vaso limpio para beber el agua desinfectada.

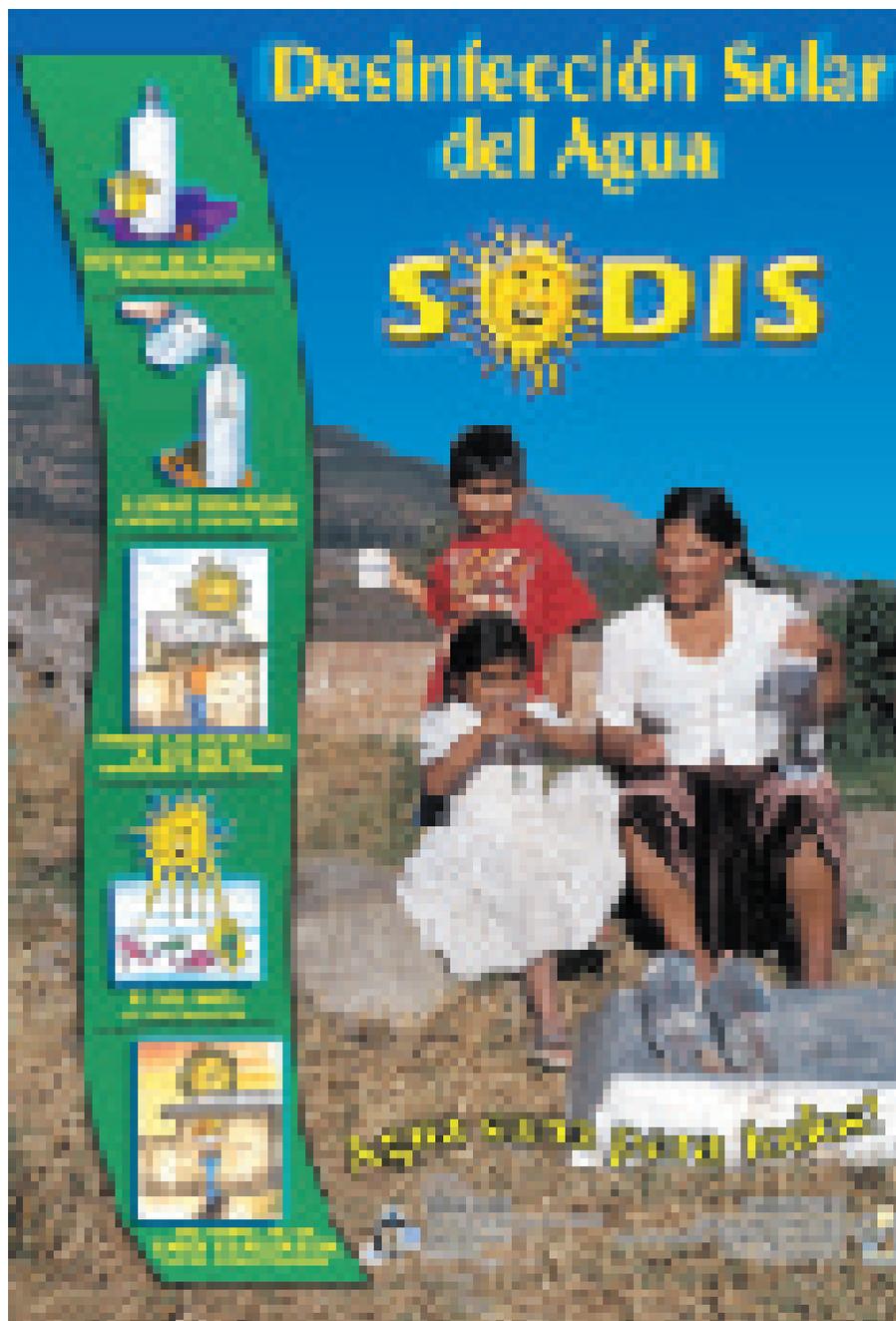
Se recomienda consumir el agua tratada con el método SODIS hasta unos pocos días después de haber expuesto el agua al sol.

Finalmente, conviene a los facilitadores que usan este rotafolio, estudiar literatura e información adicional sobre SODIS, con el fin de profundizar sus conocimientos sobre los aspectos técnicos del método de desinfección solar del agua. Asimismo, se requiere que los facilitadores recojan sus propias experiencias con la aplicación de SODIS a través de su uso personal antes de empezar a enseñar a otros el proceso de aplicación de este método.

Anexo B: Afiche para colocar en las casas

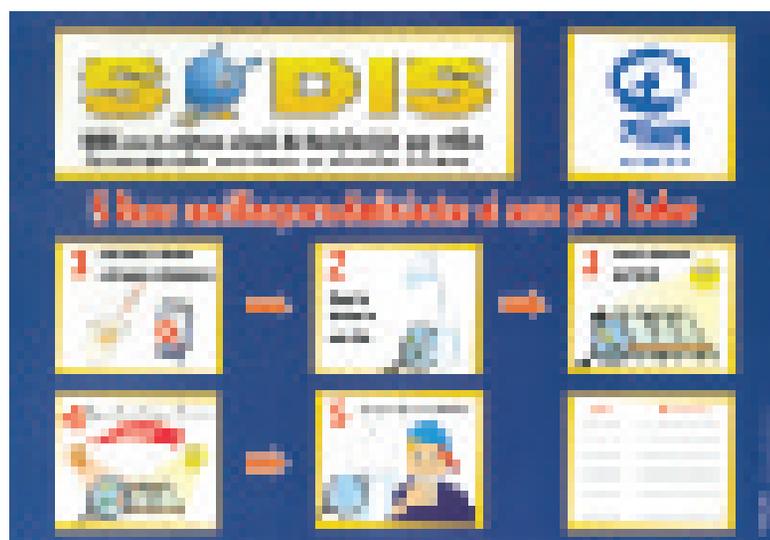
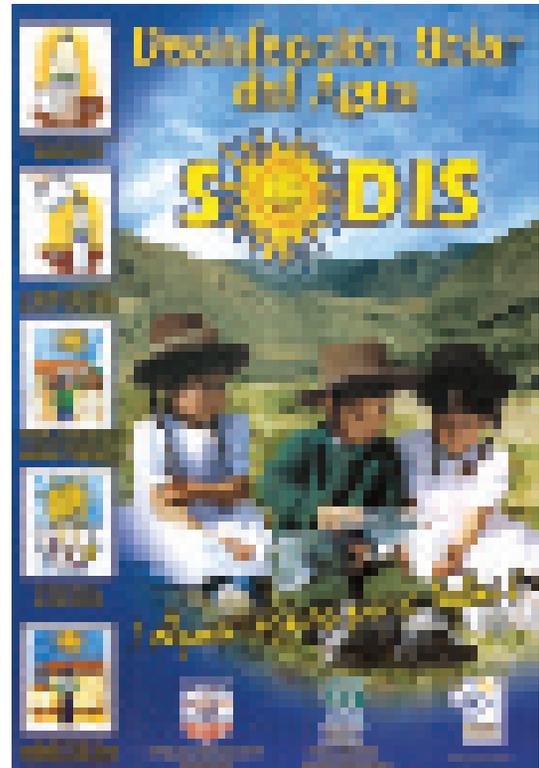
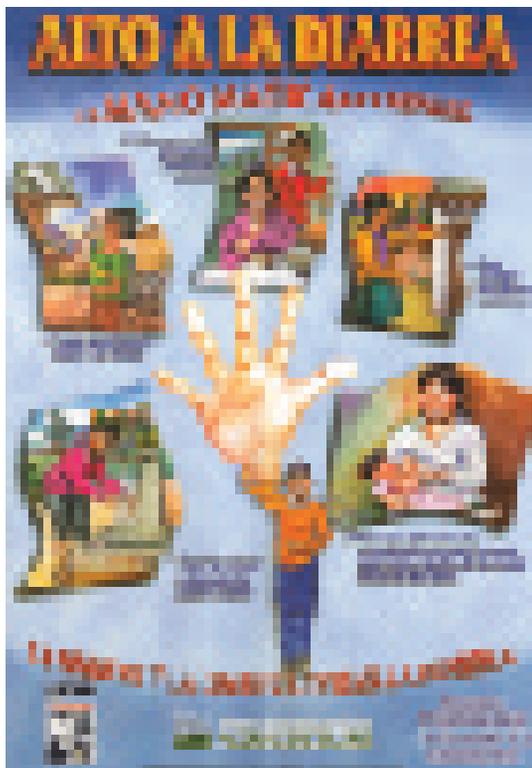
Ejemplo de Bolivia

© Fundación SODIS Bolivia



Anexo C: Afiches para colocar en las casas

Ejemplos de Bolivia, Perú y Ecuador  
© Fundación SODIS Bolivia



## Anexo D: Historias cortas para la radio

### Ejemplo de Bolivia

© Fundación SODIS Bolivia

## GUIÓN

### Historia corta para la radio N° 1, Ejemplo de Bolivia

1. **CONTROL:** CORTINA MUSICAL, SONIDOS DEL MEDIO AMBIENTE
2. **Juanita:** Uy... hace tanto calor, me muero de sed. Doña Mercedes, por favor me puede dar un poco de agua para beber.
3. **Mercedes:** ¿Cómo está, Doña Juanita?... Sí, tiene razón, hoy hace bastante calor. Por favor, sírvase, Juanita, beba de mi agua.
4. **Juanita:** ¡Uhhh! su agua sabe tan bien... Pero dígame, ¿Por qué la mantiene en estas botellas de gaseosa?
5. **Mercedes:** Ah, lo que pasa es que estoy usando los fuertes rayos del sol para purificar el agua en estas botellas.
6. **Juanita:** ¿Qué? ¿Cómo es eso posible? Por favor explíqueme...
7. **CONTROL:** RÁFAGA MUSICAL
8. **Mercedes:** Mire, primero tenemos que llenar botellas de plástico transparente con agua clara. Luego, las exponemos al sol, mejor si es en el techo o sobre una calamina. Se tienen que colocar las botellas horizontalmente. Se deben poner desde muy temprano en la mañana hasta el final de la tarde. Los rayos del sol penetran el agua de las botellas y matan los microbios que causan diarrea, vómitos y dolor de estómago. En la tarde, el agua desinfectada por los rayos del sol de las botellas está lista para beber.
9. **Juanita:** ¡Vaya! ¡Qué bien! Es casi como "hervir el agua con los rayos del sol" ¿No es cierto? ¡De esta manera podemos preparar agua que es buena para la salud.
10. **Mercedes:** Sí, Juanita, éste es el método SODIS y es muy sencillo de aplicar ya que podemos encontrar botellas de plástico en todas partes y la luz solar también está en todo lugar. Todos pueden aplicar fácilmente SODIS en casa.
11. **CONTROL:** CORTINA MUSICAL

## GUIÓN

### Historia corta para la radio N° 2

1. **CONTROL:** CORTINA MUSICAL, SONIDOS DEL MEDIO AMBIENTE
2. **Niño:** Papi, ¿Qué clase de agua debo beber para crecer fuerte?
3. **Papi:** Para crecer fuerte debes beber agua segura. El agua segura es buena para tu salud y te protegerá contra la diarrea, así crecerás sano.
4. **Niño:** ¿Pero cómo podemos hacer esta agua "saludable" en casa?
5. **Papi:** ¡Es fácil, hijo mío! Por ejemplo, ¡Podemos hervir el agua! O cuando el clima está tan bonito como hoy ¡Podemos aplicar SODIS!
6. **Niño:** ¿SODIS? ¿Qué es eso papi?
7. **Papi:** SODIS significa Desinfección Solar del Agua. Sólo necesitas hacer estas tres cosas:  
Primero: Llenas botellas de plástico transparente con agua clara y las cierras bien.  
Segundo: Colocas las botellas horizontalmente en el techo o en una calamina en un lugar que esté completamente expuesto al sol.  
Tercero: Las botellas deben de estar expuestas al sol desde temprano por la mañana hasta el final de la tarde. En la tarde el agua SODIS de la botella está lista para su consumo. Es agua segura y saludable para beber.
8. **CONTROL:** CORTINA MUSICAL
9. **Niño:** Papi, ¿Por qué es tan importante que las botellas sean transparentes?
10. **Papi:** Hijo mío, sólo si las botellas son transparentes los rayos del sol pueden penetrar el agua y matar los microbios que te causan diarrea.
8. **CONTROL:** CORTINA MUSICAL
11. **Niño:** ¡Vaya, Papi! ¡Bebí agua SODIS y realmente sabe muy bien! ¡Qué bien, desde ahora no tendré diarrea nunca más! Y todos nosotros podemos purificar nuestra agua con el sol, es tan fácil. Sabes qué papi, les voy a contar a todos mis amigos del colegio qué fácil es purificar el agua con la ayuda de los rayos del sol.
12. **CONTROL:** CORTINA MUSICAL

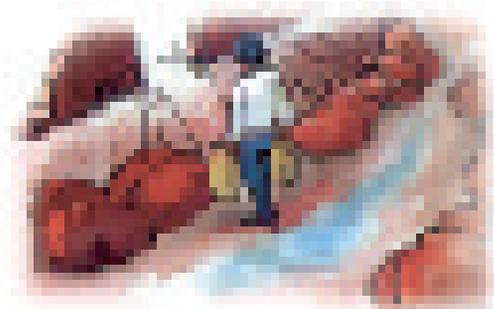
## Anexo E: Panfletos sobre SODIS

© Fundación SODIS Bolivia / UNICEF



El agua es muy importante para todos los seres vivos.

Pero el agua puede ser de muy mala calidad y puede estar contaminada, lo cual es peligroso porque puede causar muchos problemas de salud.



Los pasos para usar SODIS son muy sencillos:

- Elegir una buena botella con tapa:
- La botella debe ser transparente

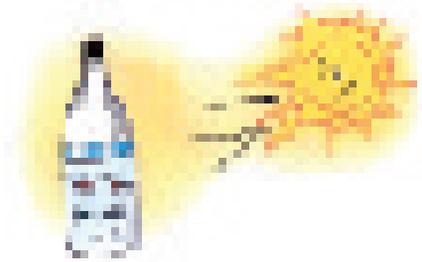


- La botella debe estar limpia

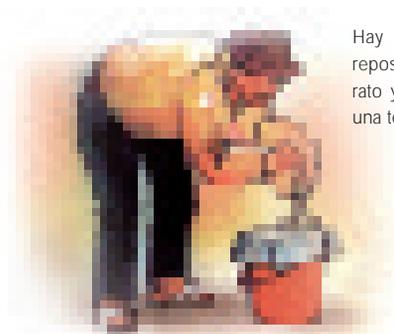
Por esta razón es muy importante purificar el agua antes de consumirla. Existen diversos métodos que se pueden usar como: hervirla, aplicarle cloro o simplemente usar el método SODIS.



SODIS es un método de purificación del agua: Los rayos solares y la temperatura del agua matan los microorganismos presentes en el agua.



Si el agua está turbia...



Hay que dejarla reposar por un rato y filtrarla con una tela tupida.

Hay que dejarla reposar por un rato y filtrarla con una tela tupida.

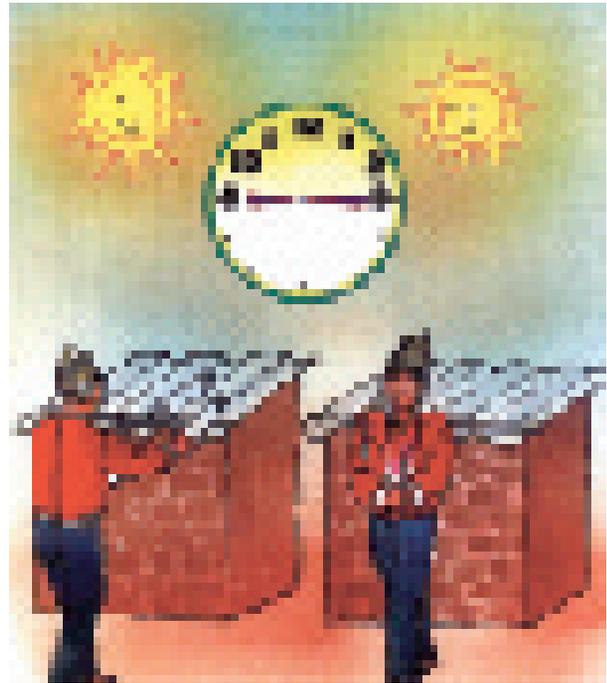


Exponer las botellas al sol...



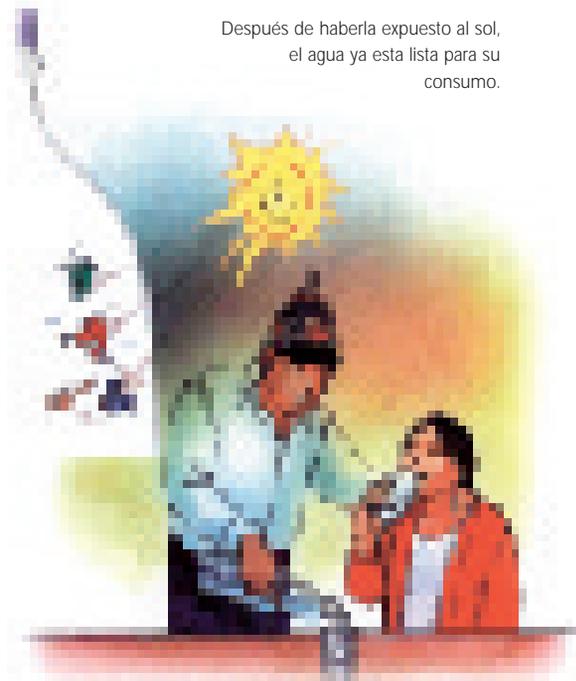
en el techo...

o sobre un pedazo de calamina.



Tapar bien la botella y exponerla al sol desde la mañana hasta la tarde. Por lo menos durante 6 horas.

Después de haberla expuesto al sol, el agua ya esta lista para su consumo.

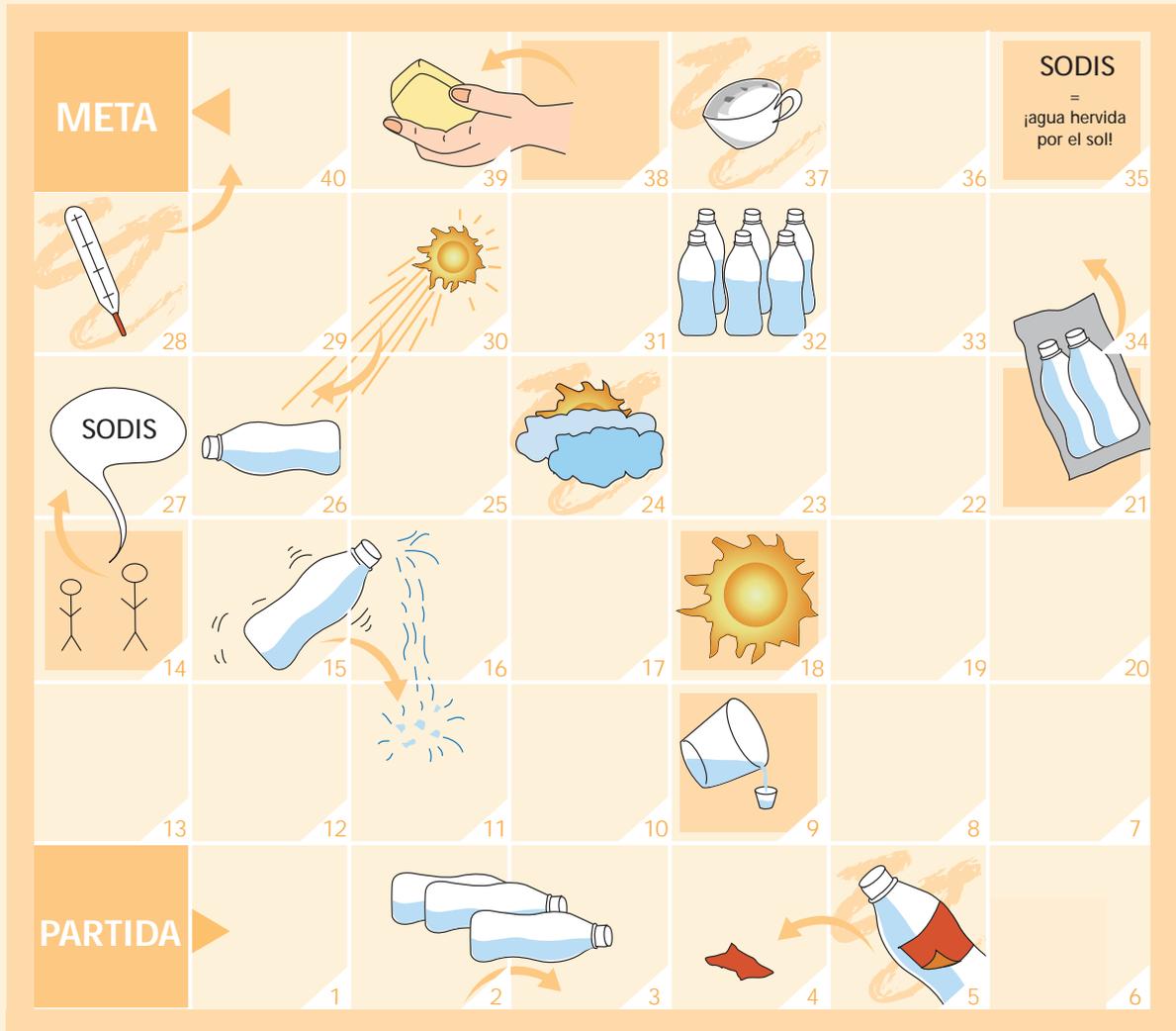


Elección de la botella:

	sí	no	
Transparente			De color
En buen estado			Dañada
Limpia			Sucia

## Anexo F: Juego SODIS

© JDA, Uzbekistan



### Reglas del juego:

1. Cada jugador lanza el dado por turnos, uno después de otro.
2. Sólo se puede empezar y terminar el juego con "1".
3. Si el jugador alcanza una figura, deberá moverse de un número negro a un número blanco. Nunca de manera contraria.

### Explicación de las figuras:

- 2 Ganaste una botella de PET, límpiala bien. ¡Avanza al número 3!
- 5 No retiraste la etiqueta. ¡Regresa al 4!
- 9 Bien hecho: Viste la forma de que el agua esté clara antes de vaciarla en las botellas. ¡Avanza al número 13!
- 14 Le contaste a alguien sobre el método SODIS. ¡Avanza al 27!
- 15 Mientras agitabas la botella derramaste la mitad del agua. ¡Retrocede al 11!

18 El sol está brillando. Puedes cambiar tu posición con la de alguien más.

21 Colocaste las botellas sobre calamina. ¡Avanza al 34!

24 El cielo está nublado. Espera a que otro jugador te haya pasado.

28 El agua aún está caliente y todavía no te la puedes tomar. Pierdes un turno.

30 Le cayó sombra a las botellas. ¡Regresa al 26!

32 ¡Bien hecho! Preparaste y almacenaste suficientes botellas. Avanza dos números.

35 Todos sabemos que el agua SODIS es agua hervida por el sol. Todos los jugadores deben avanzar un número.

37 ¡Qué vergüenza! Bebiste de una taza sucia. ¡Cambia tu posición con el último jugador!

38 Te lavaste las manos después de ir al baño. ¡Avanza al 40!

## Anexo G: Respuestas a Preguntas Frecuentes

	Pág.
• ¿SODIS “inactiva” o mata todas las bacterias?	86
• ¿Qué microorganismos presentes en el agua se destruyen aplicando SODIS?	86
• ¿Qué tipo de indicador debe usarse para probar la efectividad de SODIS?	87
• ¿Hasta con qué nivel de contaminación funciona SODIS?	87
• ¿Qué tipo de recipientes es mejor usar para SODIS?	87
• ¿Es posible aplicar SODIS cuando está nublado?	88
• ¿Puedo incrementar la eficacia de SODIS?	88
• ¿Qué agua puedo usar para SODIS?	88
• ¿Qué agua no debe usarse para SODIS?	88
• ¿Cómo se puede medir la turbiedad del agua?	88
• ¿Por qué se debe agitar la botella 20 segundos después de llenarla hasta las 3/4 partes con agua?	88
• ¿Cuáles son los errores frecuentes cometidos por los usuarios nuevos de SODIS?	88
• ¿Los aditivos de las botellas de plástico migran al agua y causan posibles riesgos para la salud?	89
• ¿Cómo puedo distinguir una botella de PET de una de PVC?	89
• ¿Cuánto tiempo se puede usar una botella de PET para la aplicación de SODIS?	89
• ¿Cómo se desechan las botellas viejas y dañadas que se usan para SODIS?	89
• ¿Cómo se almacena el agua tratada con el método SODIS para evitar la contaminación secundaria del agua?	89
• ¿Qué hacer para evitar que crezcan algas en las botellas expuestas al sol?	90

### ¿SODIS “inactiva” o mata todas las bacterias?

SODIS se usa para inactivar los microorganismos patógenos, predominantemente los que causan diarrea. La mayoría de los patógenos no pueden crecer fuera del cuerpo humano, salvo algunas excepciones como la Salmonella, que aún así requiere de condiciones ambientales favorables (p. ej. un suministro apropiado de nutrientes). Durante la exposición de las botellas SODIS al sol, otros organismos dañinos presentes en el agua podrían bien crecer. Sin embargo, es muy importante usar parámetros adecuados para evaluar la eficacia de SODIS, como por ejemplo la presencia de coliformes fecales, E. coli.

### ¿Qué microorganismos presentes en el agua se destruyen aplicando SODIS?

Las investigaciones han demostrado que las bacterias y virus patógenos se destruyen con la aplicación de SODIS. Se ha observado la inactivación de los siguientes microorganismos:

- Bacteria: Escherichia coli (E.coli), Vibrio cholerae, Streptococcus faecalis, Pseudomonas aeruginosa, Shigella flexneri, Salmonella typhii, Salmonella enteritidis, Salmonella paratyphi
- Virus: bacteriófagos f2, rotavirus, virus de la encefalocarditis
- Levaduras y Moho: Aspergillus niger, Aspergillus flavus, Candida, Geotrichum

La inactivación de las esporas y quistes que forman organismos como los protozoarios y helmitos aún no ha sido evaluada sistemáticamente. Sin embargo, el punto de muerte térmica de los quistes de Amebas, por ejemplo, es de unos 50°C. Si el agua contaminada

Cuadro 10: Resistencia térmica de microorganismos

Microorganismos	Temperatura para una desinfección al 100%		
	1 Min	6 Min	60 Min
<b>Enterovirus</b>			
Enterovirus			62 °C
Rotavirus			63 °C por 30 min
<b>Coliformes fecales</b>			a 80 °C desinfección completa
Salmonella		62 °C	58 °C
Shigella		61 °C	54 °C
Vibrio cholerae			45 °C
Quistes de entamoeba histolytica	57 °C	54 °C	50 °C
Quistes de Giardia	57 °C	54 °C	50 °C
Huevos y larvas de gusano ganchudo		62 °C	51 °C
Huevos de Ascaris	68 °C	62 °C	57 °C
Huevos de Esquistosoma	60 °C	55 °C	50 °C
Huevos de Tenia	65 °C	57 °C	51 °C

alcanza una temperatura de por lo menos 50°C durante una hora, esto garantizará la destrucción de los quistes de amebas así como de otros microorganismos (compare con el cuadro).

### **¿Qué tipo de indicador debe usarse para probar la efectividad de SODIS?**

Muchos patógenos transmitidos por agua pueden detectarse directamente, pero requieren métodos analíticos complicados y costosos. En vez de medir directamente la presencia de patógenos, es más fácil usar organismos indicadores que señalan la presencia de contaminación fecal en el agua. Un organismo indicador de contaminación fecal tiene que cumplir los siguientes requisitos:

- Estar presente en altas cantidades en las heces humanas,
- Ser detectable mediante métodos simples,
- No crecer en aguas naturales,
- Su persistencia en el agua y su remoción mediante métodos de tratamiento del agua deben ser similares a los de los patógenos transmitidos por agua.

Muchos de estos criterios los cumple el organismo conocido como *Escherichia coli* (*E. coli*). El *E. coli* es, por lo tanto, un buen organismo indicador para determinar la contaminación fecal del agua para consumo humano si los recursos para su examen microbiológico son limitados (WHO, Guidelines for drinking water quality, 1993). Un punto importante es que también es posible realizar pruebas para detectar la presencia de *E. coli* en condiciones de campo difíciles en los países en desarrollo, por ejemplo, usando el kit portátil para pruebas en campo DelAgua.

Sin embargo, algunos organismos, como los Enterovirus, el *Cryptosporidium*, la *Giardia* y las Amebas son más resistentes que el *E. coli*. Por lo tanto, la ausencia de *E. coli* no indica necesariamente su remoción. Es posible usar las esporas de *Clostridia* que reducen el sulfito como indicadores de la presencia de estos organismos (WHO, Guidelines for drinking water quality, 1993). Pero tales métodos analíticos no se pueden usar para pruebas rutinarias en condiciones de campo, pues demandan mucho tiempo y son costosos. Las bacterias coliformes totales no se pueden usar como indicador de la calidad sanitaria del agua cruda, pues no abundan

naturalmente en el ambiente.

El recuento total de bacterias tampoco es un parámetro adecuado para la evaluación de la eficacia de SODIS, pues organismos inocuos, como las bacterias ambientales y las algas, pueden crecer durante la exposición de una botella de SODIS a la luz solar. El objetivo de SODIS no consiste en producir agua estéril libre de microorganismos, sino la inactivación de los microorganismos patógenos que causan la diarrea.

### **¿Hasta con qué nivel de contaminación funciona SODIS?**

Los experimentos muestran una eficaz reducción de los coliformes fecales mediante SODIS también con una concentración inicial de 10,000 UFC /100ml hasta más de un millón UFC /100ml. Esto es mucho más de lo que normalmente se encuentra en los ríos y lagos comunes (unos pocos miles UFC /100ml o menos).

Sin embargo, se ha considerado que las condiciones durante los experimentos difieren de las condiciones reales, donde el proceso no puede aplicarse de manera estrictamente controlada, los materiales no son óptimos y el manejo del agua tratada es con frecuencia inadecuado. Lo importante para una inactivación eficiente de los coliformes fecales es la suficiente exposición del agua contaminada al sol (500 W/m<sup>2</sup> durante por lo menos 6 horas), que el recipiente sea adecuado y el agua clara (la turbiedad del agua debe ser menor a 30 UNT).

### **¿Qué tipo de recipientes es mejor usar para SODIS?**

Recomendamos el uso de botellas de PET de hasta 2 litros para aplicar SODIS porque éstas:

- Muestran buena transmitancia para la radiación UV-A
- Están disponibles localmente en muchos lugares
- Son durables y poco costosas
- Contienen menos aditivos que las botellas de PVC .

Las botellas de vidrio también se pueden usar para SODIS, pero las experiencias de los usuarios con las botellas de vidrio han demostrado que SODIS es menos eficaz en estas botellas porque toma más tiempo incrementar la temperatura del agua. Los usuarios también encuentran que la manipulación de las botellas de vidrio es menos práctica: no son fáciles de transportar (por el peso), se rompen fácilmente y son más costosas que las botellas de plástico.

### ¿Es posible aplicar SODIS cuando está nublado?

La eficacia de SODIS depende de la cantidad de energía solar disponible:

- La botella se expone al sol durante 6 horas si el cielo está despejado o con una nubosidad de hasta 50%.
- Durante los días nublados mas de 50%, la intensidad de la radiación UV-A es reducida, por lo tanto, la botella se expone al sol durante 2 días consecutivos.
- A una temperatura del agua de por lo menos 50°C, un tiempo de exposición de 1 hora es suficiente.
- Durante los días con lluvias continuas, SODIS no funciona satisfactoriamente. En estos días se recomienda hervir el agua o recolectar agua de lluvia.

### ¿Puedo incrementar la eficacia de SODIS?

Hay una serie de métodos para incrementar la eficacia de SODIS:

- colocar las botellas de plástico en una calamina,
- usar agua cruda con poca turbiedad,
- exponer la botella durante dos días consecutivos los días nublados,
- reemplazar las botellas viejas y rayadas.

### ¿Qué agua puedo usar para SODIS?

- Agua clara; es decir agua libre de materia sólida y con poca turbiedad (<30 UNT)
- Agua libre de contaminación química
- Agua microbiológicamente contaminada: agua que podría haber estado en contacto con heces (el objetivo de SODIS es mejorar la calidad microbiológica del agua).

### ¿Qué agua no debe usarse para SODIS?

- Como la turbiedad reduce la intensidad de la radiación solar y protege los microorganismos de ser irradiados, el agua cruda usada para aplicar SODIS debe ser lo más clara posible y no exceder 30 UNT de turbiedad.

- SODIS no altera la calidad química del agua. Por lo tanto, el agua químicamente contaminada no debe usarse para SODIS (ni tampoco debe consumirse sin tratamiento).

### ¿Cómo se puede medir la turbiedad del agua?

Hay una prueba muy simple: Llene la botella SODIS con el agua y colóquela verticalmente sobre un papel con el logo de SODIS (las letras deben ser de aproximadamente 5cm). Retire la tapa de la botella y mire a través del pico hacia el fondo de la botella. Si puede leer las letras del logo de SODIS en el papel, puede usar el agua para aplicar el método SODIS.

Si no puede leer las letras, el agua está demasiado turbia para aplicar el método y necesita filtrarla antes de llenar con ella las botellas SODIS.

### ¿Por qué se debe agitar la botella durante 20 segundos después de llenarla hasta las 3/4 partes con agua?

El oxígeno ayuda a matar los microorganismos, según se ha demostrado en los trabajos de investigación realizados por Reed. Llenar la botella hasta 3/4 y cerrarla, agitarla por unos 20 segundos y llenarla completamente con agua sería la mejor forma para mejorar la eficacia de SODIS. Especialmente cuando la gente trata agua estancada (p. ej. como en el caso de usar agua de lluvia almacenada), sería bueno agitar la botella primero para incrementar así el nivel de oxígeno en el agua. Luego de agitarla, se debe llenar la botella completamente con agua para evitar bolsas de aire que reflejarían parcialmente la luz solar.

### ¿Cuáles son los errores frecuentes cometidos por los usuarios nuevos de SODIS?

Usan botellas de plástico verde o marrón para SODIS.

- Estas botellas no transmiten la luz UV-A. Por lo tanto, deben usarse únicamente botellas transparentes.

Los recipientes seleccionados son muy grandes.

- Lo óptimo es usar botellas de plástico de 1-2 litros (mejor relación superficie/volumen). Colocan las botellas en posición vertical.
- En lugar de ello: colocar las botellas horizontalmente incrementa el área expuesta al sol y reduce la profundidad del agua. (A una profundidad de 10 cm y un nivel moderado de turbiedad de 26 UNT, la radiación UV-A se reduce en 50%)

Luego de aplicar el tratamiento SODIS, vierten el agua limpia en recipientes contaminados y el agua se vuelve a contaminar.

- En lugar de ello: consuma el agua tratada directamente de la botella usando vasos o tazas limpias.

### **¿Los aditivos de las botellas de plástico migran al agua y causan posibles riesgos para la salud?**

La luz solar transforma el material plástico en productos fotoquímicos. Sin embargo, las pruebas de laboratorio y en campo, revelaron que estos productos fotoquímicos se generan en la superficie externa de las botellas. No se observó migración de estos productos fotoquímicos de las botellas de PET hacia el agua con los métodos analíticos aplicados.

### **¿Cómo puedo distinguir una botella de PET de una de PVC?**

- Las botellas de PVC difícilmente se inflaman. El material no se quema fuera de la flama. El olor del humo es acre.
- El PET se quema fácilmente cuando es sostenido sobre la llama de fuego. El olor del humo es dulce.

### **¿Cuánto tiempo se puede usar una botella de PET para la aplicación de SODIS?**

La transmisión UV-A de la botella es muy importante para la eficacia de SODIS. Las botellas de PET limpias y sin uso suelen tener una transmisión de >60% sobre 340nm (UV-A: 320-400nm). Sin embargo, el envejecimiento disminuye la transmisión UV-A de las botellas.

Además del envejecimiento de las botellas debido a la luz solar, las botellas se rayan con la manipulación diaria. Recomendamos reemplazar las botellas rayadas y opacas luego de más o menos un año de aplicación diaria de SODIS.

### **¿Cómo se desechan las botellas viejas y dañadas que se usan para SODIS?**

No se recomienda quemar las botellas de PET en las condiciones que generalmente se encuentran en el campo. Debido a la falta de oxígeno en tales condiciones, se forma monóxido de carbono (CO) en lugar de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Además, el PET contiene sustancias aromáticas, que al quemarse en condiciones por debajo de las óptimas (baja temperaturas y falta de oxígeno) se transforman en hidrocarburos aromáticos policíclicos tóxicos.

Sin embargo, si se quema el PET a altas temperaturas y con suficiente oxígeno, como es el caso de las plantas de incineración, sólo se produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O). Por lo tanto, es necesario recolectar las botellas de PET usadas para SODIS que ya estén viejas y quemarlas de manera controlada. Otra opción consiste en usar las botellas viejas para otras finalidades, como macetas para retoños, o enterrar todas las botellas viejas junto con los residuos domésticos.

### **¿Cómo se almacena el agua tratada con el método SODIS para evitar la contaminación secundaria del agua?**

Una buena forma de evitar la contaminación secundaria del agua tratada con el método SODIS consiste en almacenar el agua en la misma botella y beberla directamente de ella (mejor si se usa una taza limpia). Esto es muy efectivo para prevenir la contaminación secundaria del agua tratada. Por lo tanto, se requiere de un juego doble de botellas SODIS: Uno para exponer el agua al sol durante el día, el otro para conservar el agua tratada el día anterior y lista para su consumo.

### ¿Qué hacer para evitar que crezcan algas en las botellas expuestas al sol?

Dependiendo de la calidad del agua local, después de varios días de exposición al sol, pueden crecer algas dentro de las botellas SODIS. Las algas no presentan problemas para la salud, pero la capa que forman en la pared interior de la botella puede reducir la transmisión UV-A. Se puede limpiar las botellas colocando un poco de arena o sal en su interior y agitándolas. Sin embargo, este procedimiento raya la superficie interna de la botella y reduce su tiempo de vida útil.

Sin embargo, en lugar de limpiar las botellas con algas, sería mejor evitar su crecimiento. Se puede filtrar el agua antes de su exposición al sol para eliminar la mayor cantidad posible de materia sólida; y debe tomarse antes de que las algas puedan crecer. Por lo general, sólo se observa el crecimiento de algas después de varios días de exposición.



