



Desinfección de agua por fotocatalisis solar

S. Gelover, M. T. Leal, K. Reyes y L. Gómez
Subcoordinación de Calidad del Agua



AGUA MICROBIOLÓGICAMENTE INSEGURA



- Ocasiona problemas de salud y económicos.
- Acarrea enfermedades como hepatitis, diarreas, tifoidea, cólera, amibiasis, etc.
- Las enfermedades infecciosas del tracto intestinal son transmitidas a través de excretas de humanos y animales de sangre caliente.
- En México, la carencia de sistemas de conducción y tratamiento de aguas residuales, se acentúa en zonas indígenas y rurales.
- Cada año mueren casi 3 millones de seres humanos, en su mayoría niños, por enfermedades asociadas a las diarreas (OMS).

Desinfección de agua

- Proceso que se utiliza para eliminar microorganismos del agua que pudieran causar enfermedades.

Técnicas de desinfección de agua

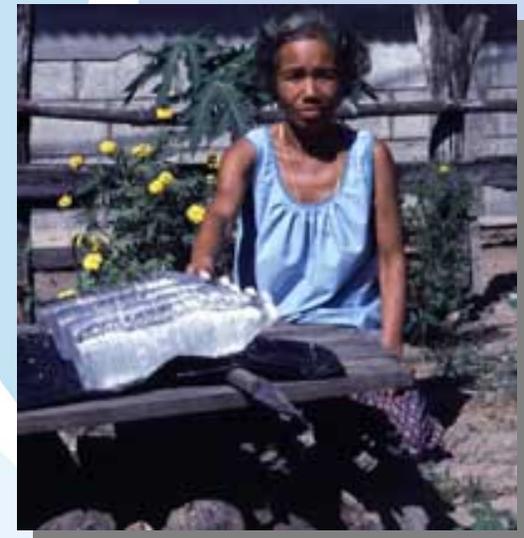
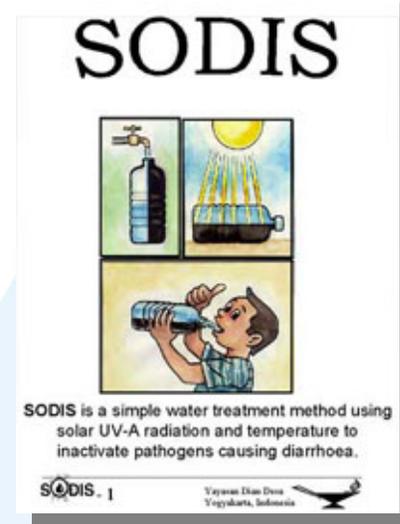
- Ebullición, pasteurización, filtración, cloración u otros compuestos químicos, ozonización, radiación ultravioleta y desinfección solar del agua (SODIS).

Antecedentes: SODIS

- Utiliza (Luz UV e Infrarrojo) para destruir bacterias y virus patógenos en el agua.
- Usa botellas de plástico, las cuales se exponen al sol, sobre material reflejante de luz UV.

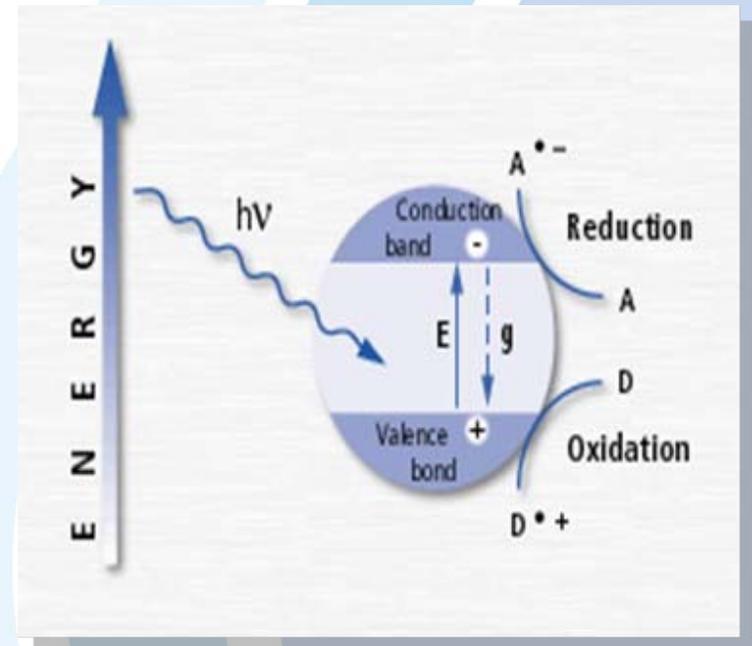
Limitantes:

- Suficiente radiación solar
- Tiempos prolongados de exposición
- Agua sin turbiedad
- No cambia la calidad química del agua
- No puede usar grandes volúmenes.



Fotocatálisis heterogénea

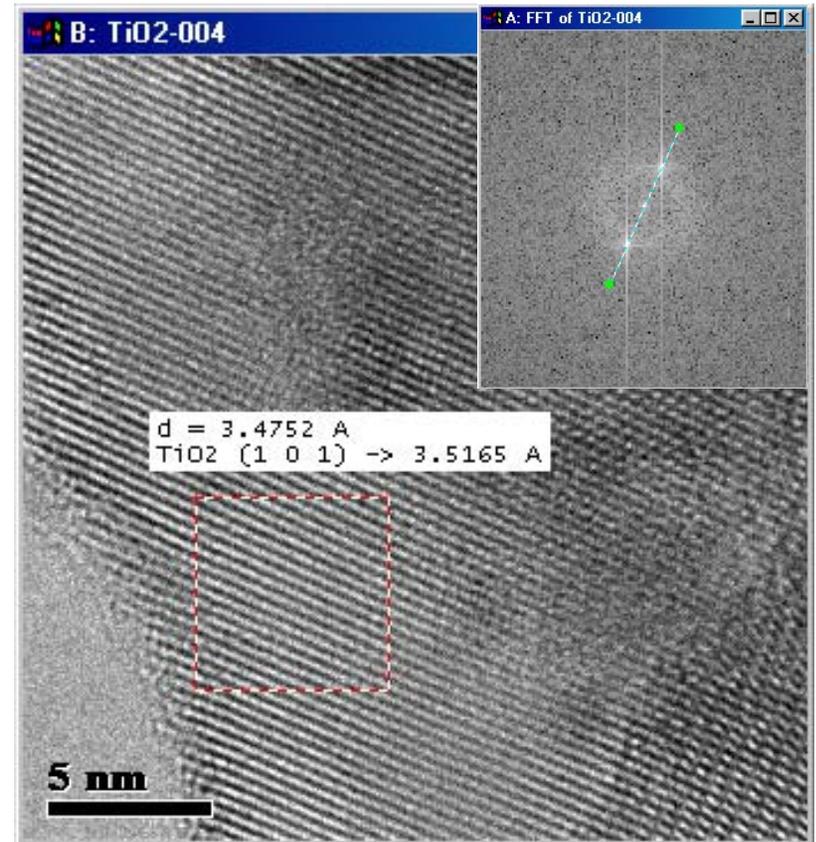
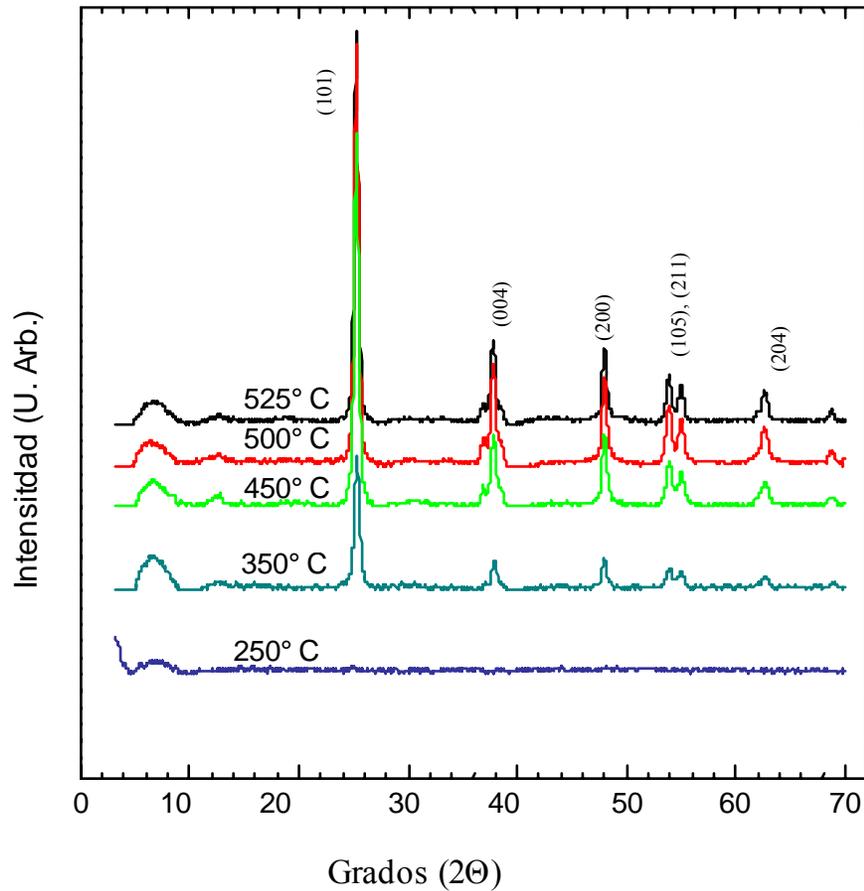
- Proceso promovido por energía ultravioleta, que al actuar sobre un semiconductor (TiO_2), desarrolla reacciones de óxido-reducción, que modifican las especies a su alrededor.
- El blanco de acción son especies inorgánicas y orgánicas. Esto permite su acción sobre microorganismos patógenos.



El catalizador

- El TiO_2 se fijó sobre anillos de vidrio Pyrex para facilitar su uso
- Depósito por inmersión en un sistema sol-gel usando isopropóxido de titanio como precursor
- Sinterizado a 500°C (anatasa).
- Enjuague exhaustivo con agua deionizada.





- Fase cristalina: anatasa
- Espesor: 600 nm

Tamaño de grano: 15 nm
Fotosensibilidad: 3.32×10^2

Desinfección de agua



Agua de buena calidad fisicoquímica, bajo contenido de materia orgánica pero microbiológicamente insegura.

Desinfección en dos sistemas.

- Sistema estático: botellas en un colector simple de paredes planas

SODIS

SODIS+ TiO_2 inmovilizado en cilindros de vidrio Pyrex



- Sistema semicontinuo: colector tipo cpc, utiliza dos sistemas catalíticos:

Ru (II) y TiO_2 inmovilizado (papel Arshtram), simultáneamente.

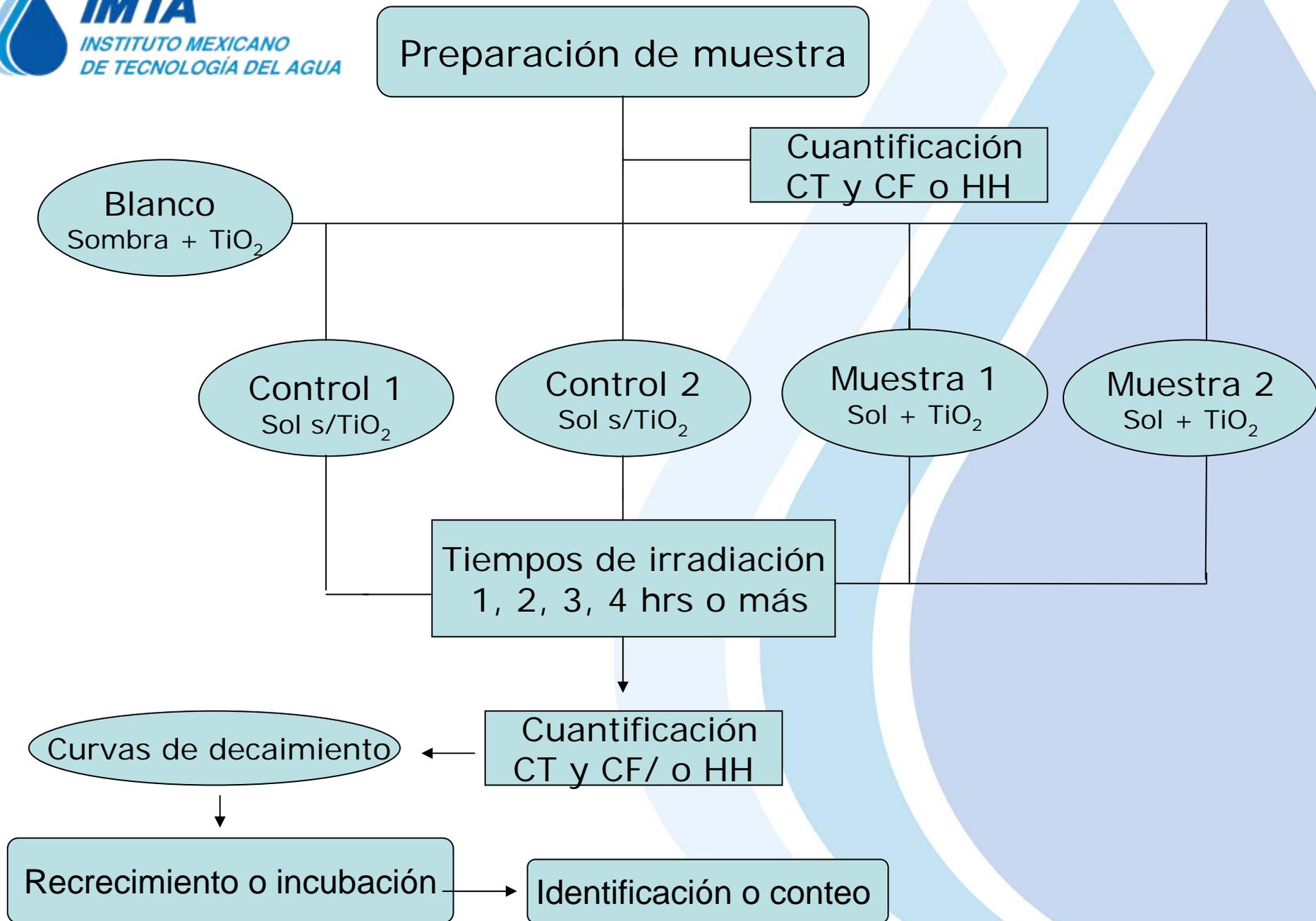


Objetivos

- Determinar el grado de seguridad microbiológica que ofrece el agua sometida a un proceso de desinfección por fotocátalisis heterogénea.
- Comparar la eficiencia del proceso de desinfección solar de agua, por medio de fotocátalisis heterogénea con dióxido de titanio, contra el proceso SODIS.
- Determinar el grado de recrecimiento microbiano en agua desinfectada mediante SODIS y fotocátalisis heterogénea (FH).

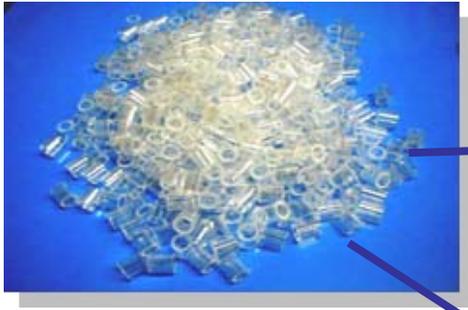
Indicadores microbiológicos

- Indican el estado microbiológico del agua.
- Entre los más representativos para indicar contaminación fecal se encuentra el grupo de coliformes, además parásitos como *Giardia* y *Entamoeba*.
- También se usaron huevos de helminto, aislados de una descarga de agua residual

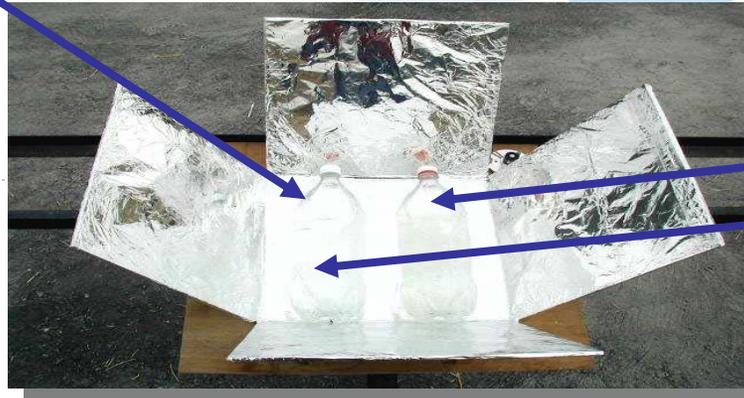


Irradiación solar

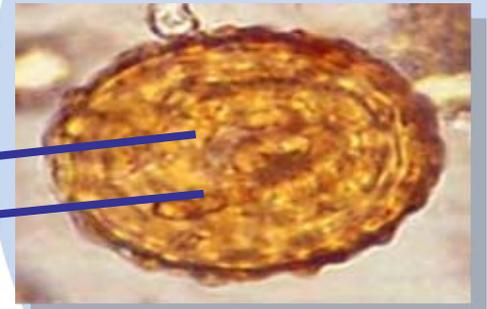
Agua de manantial
(Coliformes fecales,
totales + *Pseudomonas
aeruginosa*)



Anillos de vidrio
con TiO_2 inmovilizado

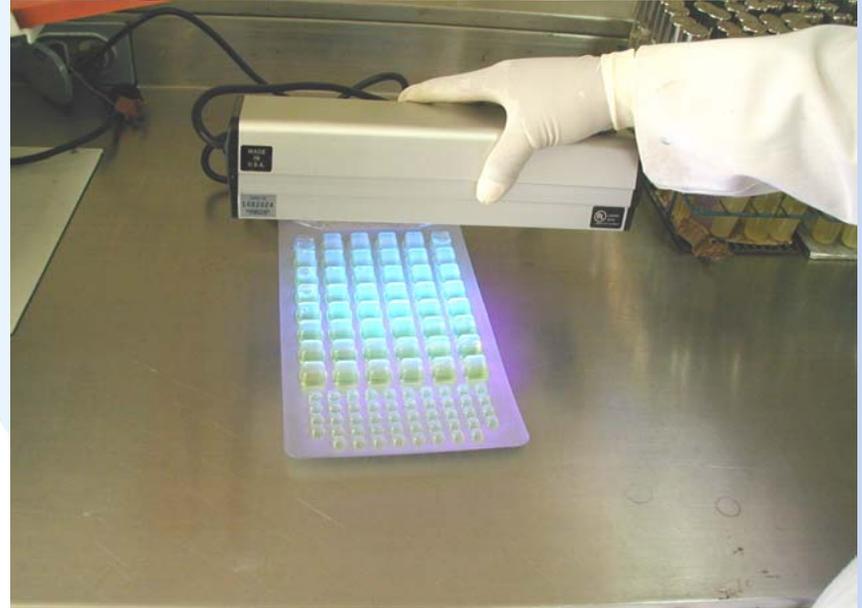


Botellas de plástico en
concentrador solar simple
(Fotocatálisis solar y SODIS)



Huevos de helminto
para los experimentos

Cuantificación de CT y CF por sustrato definido



Cuantificación de huevos de helminto



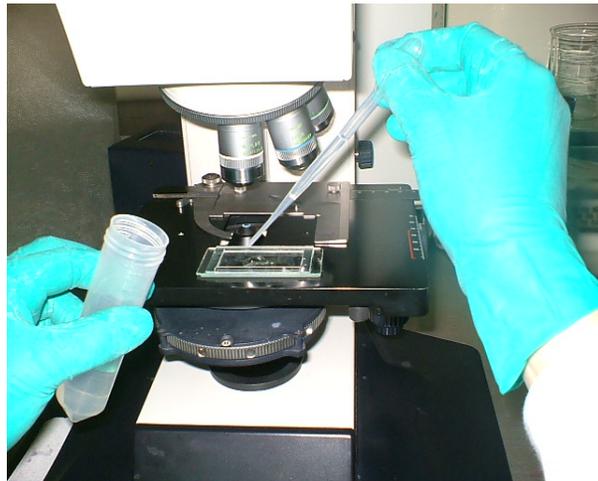
Aspirado después de sedimentación



Lavado de los anillos



Centrifugado para concentrar los huevos de helminto



Toma de muestra en cámara Sedgwich-Rafter

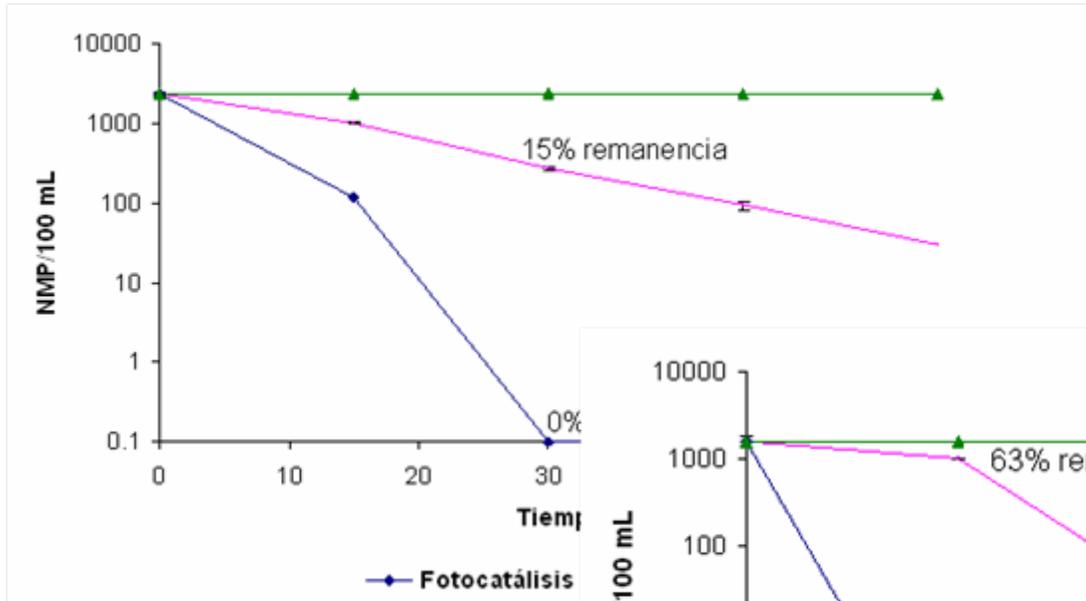


Conteo e identificación de HH al microscopio de contraste de fases

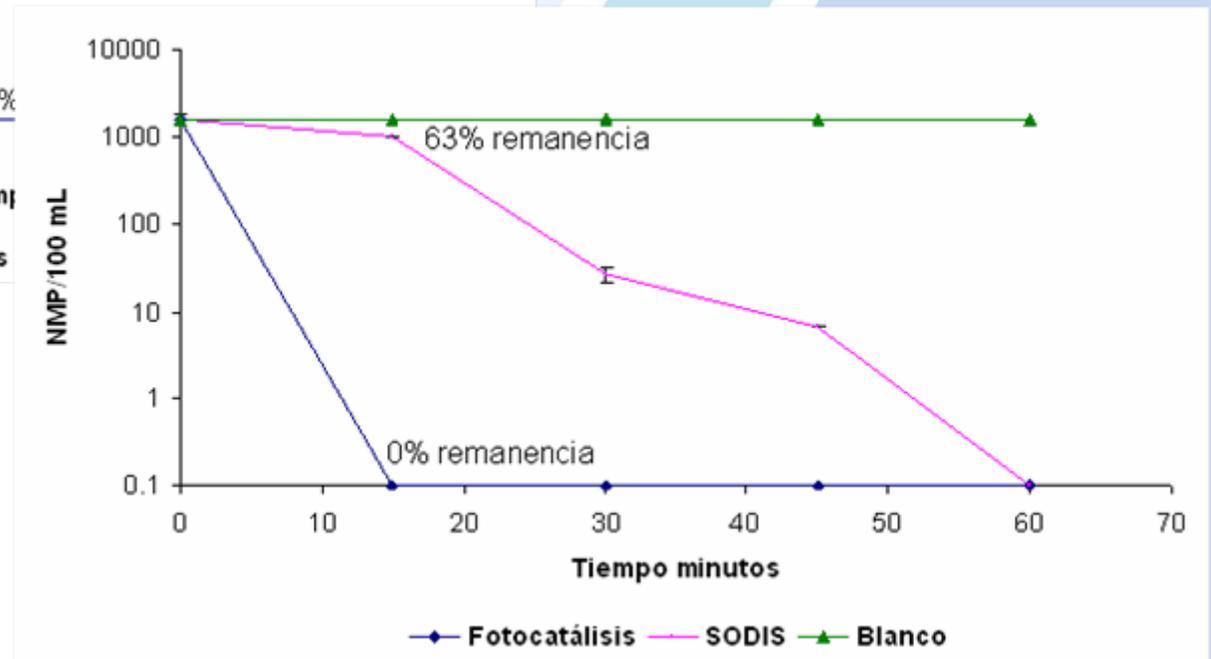


Incubación de HH (26° C/ 30 días)

Resultados



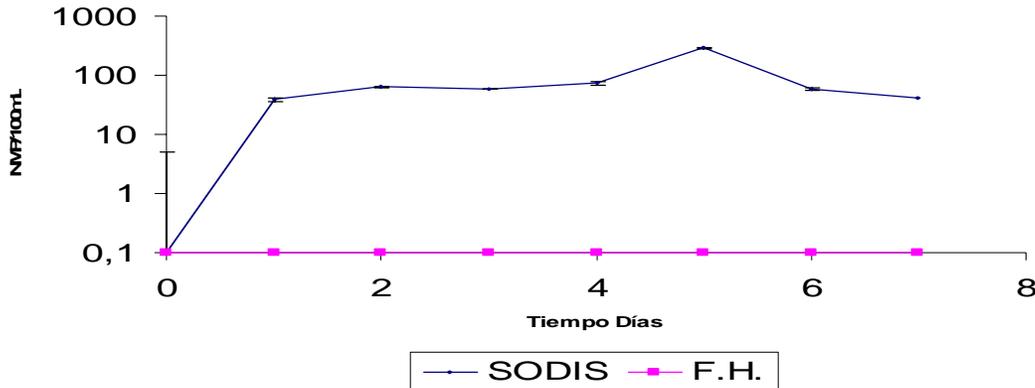
Coliformes totales



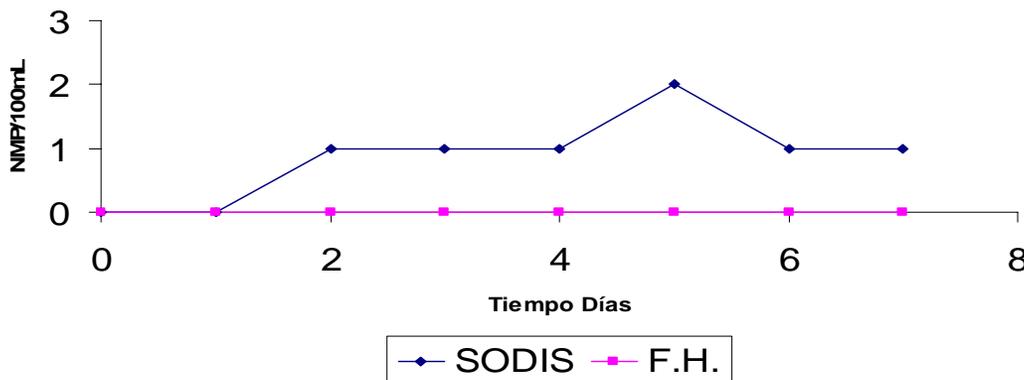
Coliformes fecales

Resultados

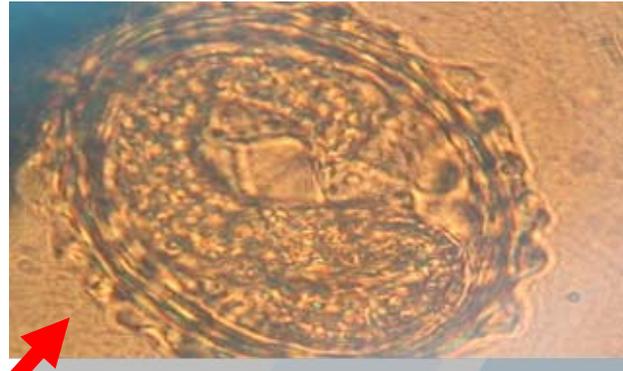
Recrecimiento Coliformes Totales



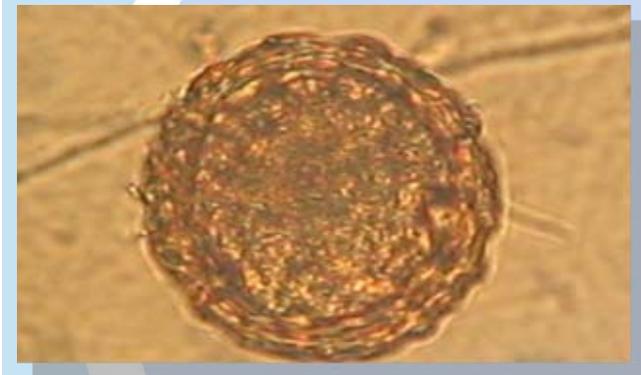
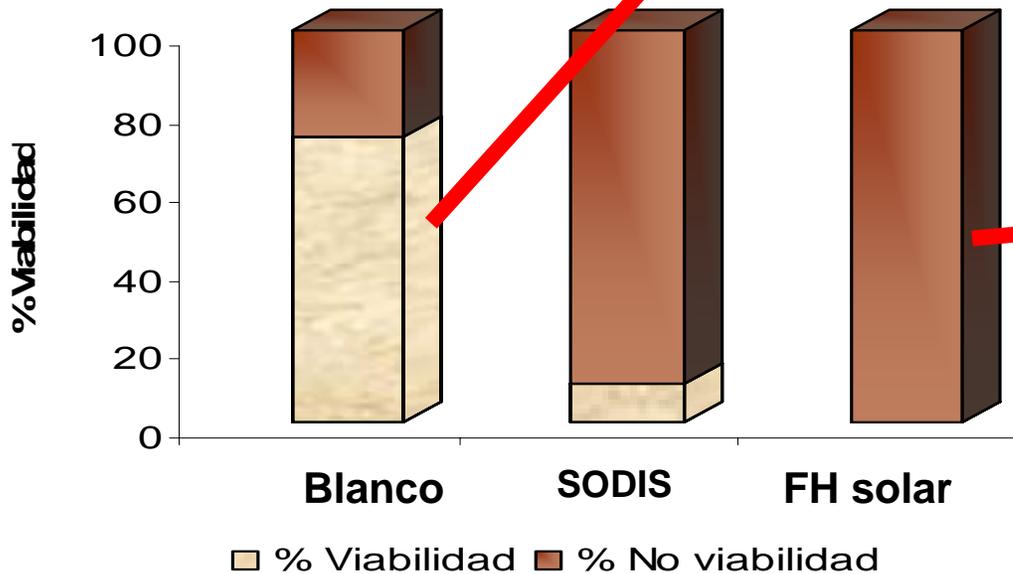
Recrecimiento Coliformes Fecales



Se identificaron especies como *Enterobacter cloacae*, *Rhanella aquatillis* y *Klebsiella terrigena* como responsables del recrecimiento



Huevo larvado de *Ascaris spp.*
(viable)



Huevo no larvado de *Ascaris spp.*
(no viable)

Viabilidad de huevos de helminto tras 6 horas de desinfección por fotocatalísis y SODIS

Objetivos

- Determinar la capacidad de un sistema secuencial de desinfección por oxígeno singlete (Ru(II)) y TiO_2 inmovilizado sobre papel de Arhmstrom.



Metodología

- Se trabajó con 18 L de agua de manantial
- Recirculación por 4 h
- Se midieron coliformes fecales, totales y mesófilos aerobios
- Características fisicoquímicas





Aislamiento de bacterias en medios selectivos



Identificación por pruebas bioquímicas API 20-E

Conclusiones

- En las condiciones probadas, las películas de TiO_2 , han sido eficientes para la desinfección de agua
- Han permitido la eliminación de coliformes fecales, totales y *Pseudomonas aeruginosa*.
- Los coliformes pueden ser inactivados en menos de una hora. La inactivación de *Pseudomonas* requiere mayores tiempos de exposición (2.5 hrs).
- Se ha logrado la pérdida total de viabilidad de huevos de helminto.

Conclusiones

- El aprovechamiento de la energía solar en el proceso de desinfección se potencia con la aplicación del dióxido de titanio.
- El uso de dióxido de titanio inmovilizado permite reutilizar fácilmente el catalizador, lo que representa una ventaja de esta tecnología alternativa.
- El tratamiento con TiO_2 supera al tratamiento SODIS en su capacidad de inactivación de coliformes, ya que no se observa recrecimiento.

Conclusiones

- Los resultados hasta ahora son satisfactorios y prometedores, sin embargo hay aspectos, tanto biológicos como químicos, que deben ser aclarados antes de iniciar la transferencia de estos sistemas al público.

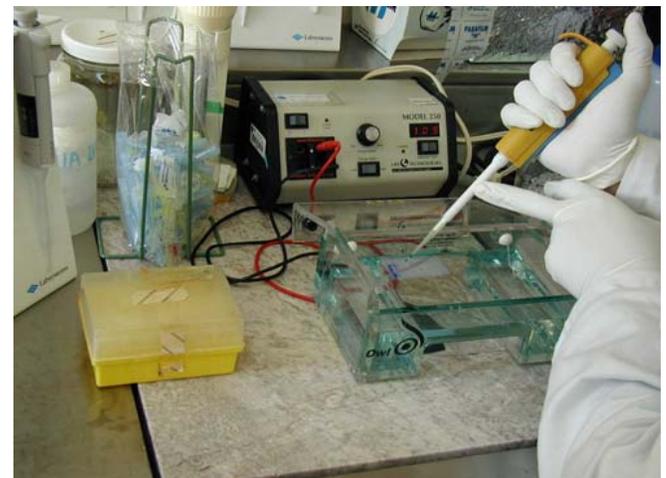
Perspectivas

Continuar pruebas con otros organismos como

Virus de hepatitis, *Giardia*, Amibas, *Cryptosporidium*.

Profundizar en el conocimiento sobre el efecto del proceso fotocatalítico sobre los huevos de helminto y sobre *Pseudomonas auruginosa*.

Determinar la naturaleza y toxicidad de los restos de microorganismos destruidos durante el proceso fotocatalítico.



Conclusiones equipo SOLWATER

- Se ha logrado la inactivación de coliformes fecales y totales sin recrecimiento con 4h de tratamiento
- A la fecha no se han encontrado las condiciones que permitan eliminar *Pseudomonas aeruginosa* en el sistema prototipo.







MECANISMO DE ACCIÓN DEL TiO_2

