

## LA DESINFECCION DEL AGUA EN AREAS TROPICALES

Por el Dr. G. RIVAS MIJARES

### *Introducción*

La desinfección de aguas en la zona tropical presenta aspectos de muy particular interés dentro de la tecnología del tratamiento de aguas y de aguas residuales.

La mayoría de las investigaciones llevadas a cabo por los países más desarrollados del mundo, situados en la zona templada y fría del globo, han estado primeramente dirigidas a conocer sobre la dinámica de la desinfección de aguas para el caso particular de bacterias y virus patógenos presentes en agua. La tecnología derivada de tales estudios ha sido, a su vez, aceptablemente desarrollada dentro de las aplicaciones de procesos integrales del tratamiento del agua. Tal es el caso de la determinación de los coeficientes de dilución y de la velocidad de desinfección de desinfectantes, para conocer sus eficiencias en la destrucción de ciertos patógenos.

Sin embargo, comparativamente, poco ha sido investigado con relación a la presencia de otros patógenos, parásitos del hombre, en especial en áreas tropicales en donde, las correspondientes enfermedades parasitarias, son endémicas dentro de extensas regiones de la zona tórrida.

Es sabido a través de la literatura correspondiente sobre el conocimiento y la técnica hoy día empleados para la destrucción de bacterias y virus causantes de las denominadas enfermedades de origen hídrico: fiebre tifoidea y paratifoidea, disentería colibacilar, cólera; poliomiелitis, hepatitis infecciosa y otros trastornos gastroentéricos. Pero, por otra parte, es escasa la literatura concerniente a la destrucción de otros gérmenes patógenos presentes o potencialmente presentes en agua, dentro de los cuales existen especies ampliamente ubicadas dentro de la escala zoológica: el caso de protozoarios, nematodos y trematodos patógenos, cuya presencia en áreas de trópico requiere de una especial consideración, al punto de constituir en sí mismas el motivo primordial del presente trabajo.

### *Parásitos en líquidos cloacales domésticos*

La composición media de líquidos residuales domésticos acusa, entre otros, la presencia de variadas formas de huevos, quistes, larvas y otras formas intermedias de parásitos. La concentración de éstos es muy variada, dependiendo de los factores ambientales que le son naturales al hombre. Según Liebman,<sup>1</sup> un valor medio de unas 65 unidades/litro, son descargadas en las aguas que transportan excretas humanas (heces y orina). En zonas donde las enfermedades parasitarias son endémicas, caso frecuente en extensas áreas tropicales, la ingestión de vegetales crudos: lechuga, berro, tomate, repollo, zanahoria, etc., contribuyen sensiblemente a la infección del hombre en vista a las formas parasitarias presentes en tales vegetales, en especial cuando no existe un marcado control sobre la disposición de las excretas y de las aguas cloacales domésticas. Las aguas de irrigación de hortalizas deben llenar ciertos requisitos mínimos en cuanto a sus características microbiológicas, si se desea eliminar este problema de contaminación.

La incidencia de enfermedades tales como la disentería amibiana, aun en áreas templadas, por ejemplo de los Estados Unidos de Norte América, es grande: un promedio de un 4%, y alcanzando valores hasta de un 12% en ciertas zonas de entre las más afectadas.<sup>2</sup>

En Venezuela, como es dable suponer, estas cifras acusan valores aún mayores. Un 8% de valor medio para 1968 fue atribuido al aparte "disenterías", en donde la mayoría está representada por la amibiana y no por la colibacilar.<sup>3</sup>

Según la misma fuente de información, la tasa de mortalidad por 100.000 habitantes para el mismo año y para la disentería amibiana fue del 3,5%; y del 2,1% para las helmintiasis (entre ellas un 0,3% para la anquilostomiasis y de un 0,2% para la esquistosomiasis).

En vista a que los organismos responsables de las enfermedades parasitarias, ubicados dentro de las formas inferiores de los invertebrados, tales como protozoarios, trematodes, nematodes y aquellos otros que puedan a su vez servir de huéspedes a bacterias y virus patógenos (caso de nematodes de vida libre ingiriendo salmonellas, shigellas, enterovirus, etc.), presentan una distinta resistencia a los diversos procesos de tratamiento de potabilización y estabilización de aguas servidas, es del mayor interés para los ingenieros sanitarios el conocer sobre la efectividad que tales procesos puedan tener en destruir tales organismos cuando aparecen, en especial, suspendidos en agua.

Por tal motivo se presentarán de inmediato los resultados de un estudio bibliográfico del autor, tratando de precisar, para cada uno de los citados organismos, la influencia que sobre ellos ejercen las distintas operaciones unitarias de tratamiento.

Para ello fue necesario precisar de antemano, por una parte, sobre algunas de las características físicas de los mismos: tamaños, formas, densidad específica, etc.; sobre sus sensibilidades a temperaturas extremas, pH, agentes químicos, etc.; y, por otra parte, respecto a las características particulares, primeramente, de las unidades rectoras y separadoras comúnmente empleadas en el tratamiento de las aguas cuyo estudio nos ocupa.

Con el objeto de ilustrar al lector respecto a aquellos organismos patógenos presentes en agua, sus características físicas de interés para nosotros, las enfermedades que provocan, y sobre las posibilidades de destrucción o separación de las formas infectivas mediante procedimientos físicos, químicos y biológicos, presentamos a continuación los Cuadros Nos. 1, 2 y 3.

CUADRO N° 1

A. PARASITOS EN EL HOMBRE				
Phylum	Organismo	Formas Parásito	Enfermedad	
<i>Protozoa</i>	Entamaeba histolítica (amoeba)	Quistes y trophozoitos	Amibiasis	
HELMINTOS	<i>Plathelminfos</i>	<i>mansoni</i>	Huevos, miracidios	Esquistosomiasis (bilharziosis)
		<i>S. japonicum</i> <i>hematobium</i>	libres y cercarias	
	<i>Nemathelminfos</i>	<i>Taenia saginata</i>	Huevos	Teniasis
		<i>Ascaris lumbricoides</i>	Huevos	Ascariasis
		<i>Trichuris trichiura</i>	Huevos	Tricocefalosis
		<i>Necator americanus</i>	Huevos, larva	Necatoriasis
		<i>Oxyurus vermicularis</i>	Huevos, larva infectante	Oxyuriasis
	B. NEMATODES DE VIDA LIBRE			
		Géneros:		Portadores
		Diplogasteroides	Excretas propias	potenciales
	Diplogaster	de patógenos		
	Rhabditis	entéricos		

CUADRO N° 2

CARACTERISTICAS DE LAS FORMAS PARASITARIAS	
Huevos de Helmintos	≅ 50 a 70 μ y 1,05 a 1,10 de gravedad específica
Huevos de Schistosoma, en particular	≅ 70 a 150 μ y 1,05 a 1,10 de gravedad específica
Quistes Amaeba	≅ 5 a 20 μ
Trophozoitos	≅ 15 a 35 μ

CUADRO N° 3  
**POSIBILIDADES DE DESTRUCCION O SEPARACION DE LAS FORMAS  
 INFECTIVAS DE LOS PARASITOS**

TRATAMIENTOS EN AGUA		
Físicos	Químicos	Biológicos
1— <i>Microcedazos</i> (en aguas y aguas domésticas)	1— <i>Ovicidas</i> (en líquidos cloacales)	1— <i>Biocontrol</i>
2— <i>Filtros de Tierra</i> <i>Diatomácea</i>	2— <i>Cloración y</i> <i>Yodación</i>	2— <i>Procesos Aerobios</i> <i>y Anaerobios para</i> <i>Líquidos Cloacales</i>
3— <i>Sedimentación Simple</i> <i>y con Coagulación</i>	3— <i>Desinfección de Emergencia</i> (en aguas potables)	a) Lodos activados b) Filtros percoladores c) Lagunas estabilizac. d) Digestión anaerobia de lodos
4— <i>Filtración</i> a) Filtros lentos y rápidos de arena b) En aguas servidas: Filtros de arena intermitentes		
5— <i>Temperaturas</i> (lodos cloacales)		
6— <i>Lechos de Secamiento de Lodos</i> Para lodos dirigidos		

## *Tratamientos*

Con la información dada dentro de los cuadros anteriores, es posible entrar a discutir la influencia de las diversas operaciones y procesos unitarios del tratamiento de las aguas. A tal efecto se han de presentar sucesivamente, guiados por los apartes descritos dentro del Cuadro N° 3, las posibilidades de destrucción o separación de las diversas formas parasitarias citadas en relación con los tratamientos convencionales allí demarcados.

## *Microcedazos*

Es conocida la efectividad que acusan ciertas mallas o cedazos, de acuerdo a la mayor o menor abertura de sus redes, con respecto a la separación física de formas vegetales y animales comprendidas especialmente dentro de los denominados microfitoplancton y microzooplancton. El caso, por ejemplo, de la separación de algas unicelulares, de microcrustáceos y rotíferos, etc.

Aun cuando hasta la fecha no se ha investigado específicamente sobre el comportamiento de micromallas o microcedazos respecto a la separación de las formas parasitarias citadas dentro del Cuadro N° 2 anterior, se presume por los tamaños medios allí indicados que, micromallas tales como la tipo O, fabricadas por la Glenfield Co.,<sup>4</sup> cuya abertura es del orden de las 23  $\mu$ , sería capaz de separar del agua formas parasitarias tales como los huevos de helmintos en su tota-zoitos, etc. Aun la malla tipo I de 35  $\mu$  de abertura, podría ser igualmente efectiva en tal respecto. Lógicamente, el estudio de instalación de equipos de esta naturaleza debe tomar en cuenta los otros factores ligados a su trabajo, el de la separación de otros sólidos suspendidos finos, en especial si se instalara tal equipo aguas arriba o aguas abajo de las unidades de tratamiento primario y secundario.

Se da por descontado en ello y a su vez, la separación de trematodes con tamaños medios de entre 70 y 150  $\mu$ . En el caso de aguas claras, el aspecto de interés sería el de la separación de las cercarias infectivas de los esquistosomas; y en las aguas negras, la de sus huevos y miracidios, así como también el de los quistes de ameba y huevos de áscaris, oxyuros y taenias.

## *Filtros Diatomáceos*

De acuerdo a las características físicas de estos filtros, del septum y de la precubierta, y en base a la prueba de unidades experimentales

ensayadas años atrás por Jones y coautores,<sup>5,6</sup> puede señalarse que estas unidades son capaces de separar muchas de las formas parasitarias de que aquí nos venimos ocupando. El caso de cercarias y miracidios de los esquistosomas, de los quistes de ameba, etc., además de una apreciable remoción acusada para el caso de bacterias y virus suspendidos en agua. Todo dependiendo, por supuesto, de la precubierta del material diatomáceo, como sería el caso de sustancias adsorptivas especiales agregadas conjuntamente al agua; y del cuerpo de alimentación también agregado durante la operación del sistema, tal como sería el caso de la adición de soluciones diluidas de polielectrolitos, que permitan separar partículas, de por sí muy pequeñas, para ser removidas solamente por tamizado.

Polielectrolitos catiónicos, como el caso del "Purifloc 601", de la Dow Chemical Co., o Polialkil Poliamina, que fueron capaces de filtrar arcillas "Panther Creek" (bentonita cálcica) de partículas con tamaños menores a una micra.<sup>7</sup>

Por supuesto que tales filtros deben ser utilizados para el caso de la filtración de aguas de abastecimiento, o tan sólo de los efluentes de tratamientos secundarios, una forma especial de tratamiento terciario.

### *Sedimentación*

Con una estimación rápida, basada en las leyes que gobiernan la sedimentación de partículas en un fluido, de las formas parasitarias en agua en nuestro caso, hemos calculado teóricamente que la decantación, por ejemplo, de huevos de helmintos en base a su tamaño y densidad específica, se produce con una velocidad de unos 60 a 90 cm/hr, que corresponde a una rata de desbordamiento superficial de unos 14.000 a 22.000 l/día $\times$ m<sup>2</sup>. Para tales valores es factible remover la mayoría de estas formas en unas 2,5 horas: huevos de áscaris, de tenias y de anquilostomos.

Para el caso de quistes de amebas, la velocidad de asentamiento (para unos 20°C de temperatura del agua), es del orden de 2,2 cm/hr, lo que haría casi imposible removerlos por decantación simple.

Las estimaciones anteriores fueron hechas para un flujo laminar, donde se manifiesta la ley de Stokes con la influencia básica de la viscosidad del agua en el fenómeno.

Respecto a la remoción de huevos de trematodes, el autor indicó<sup>8</sup> que, con dos horas de tiempo medio de residencia del agua en sedimentadores (para una adecuada rata de desbordamiento superficial),

era posible remover aproximadamente un 98% de ellos. Algunos, sin embargo, por razones de convección, gradientes de densidad por variaciones de la temperatura, etc., en los estanques decantadores, no pueden ser removidos y aparecen en los efluentes de estos separadores.<sup>9</sup>

Una sedimentación con coagulación es capaz de atrapar un mayor número de las formas parasitarias aquí citadas. Estudios sobre remoción de bacterias y virus por Chang y otros,<sup>10</sup> demostraron que, en esos casos, un incremento de la dosis del coagulante (alumbre y cloruro férrico en su caso particular) con un pH entre 6,2 y 7,2 y una limitada turbulencia (control de los valores de G, gradiente de energía), tienden a incrementar la eficiencia de la separación dentro de este proceso. Estudios más específicos sobre el particular pudieran muy bien ser realizados para precisar más sobre tales comportamientos. Por otra parte, cercarias y miracidios, así como nematodos libres, no son removidos debido a su misma movilidad.

### *Filtración*

Existe información en cuanto al funcionamiento y eficiencia de filtros intermitentes de arena en la remoción de huevos de *S. mansoni* y *S. japonicum* presentes en líquidos cloacales, cuando el espesor del lecho es del orden de un metro y con tamaño efectivo del grano de 0,3 mm y con coeficiente de uniformidad del orden 2,6; unos 10 cm de espesor de líquido cloacal sobre el lecho y una rata de filtración del orden de 1 MLDH (millón de litros por día por hectárea del lecho filtrante).<sup>5,6</sup> La penetración de los huevos dentro del lecho no excedió, en ningún caso, los 10 cm.

Experiencias llevadas a cabo por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, años atrás, en la planta piloto de Guarenas, indican que lechos similares a los ya descritos fueron también capaces de remover (en un 100%) tales huevos.

En el caso de la filtración de aguas a través de filtros rápidos de arena, se sabe que, por ejemplo, la remoción de nematodos de vida libre fue del orden del 35% al 40% y que para los límites estudiados fue independiente para tamaños efectivos de entre 0,45 y 0,75 mm, y para velocidades de filtración del orden de los 7,4 a los 9,8 cm/min (2 a 3 gal×pie<sup>2</sup>/min).<sup>11</sup>

En el caso de las formas móviles, tales como las cercarias y miracidios de esquistosomas, no es posible separarlas con el uso de las unidades normales de filtración rápida y lenta. Tan sólo es posible, según se ha comentado, a través de los filtros de tierra diatomácea citados.



## *Temperatura*

Es conocida la marcada influencia que la temperatura ejerce sobre los procesos biológicos en general. En el caso particular que nos ocupa y para los quistes de amebas, los huevos, miracidios y cercarias de los esquistosomas, huevos de anquilostomos, nematodos de vida libres, etc., la temperatura ejercida por algunas de las operaciones unitarias del tratamiento del agua, son de vital importancia en la destrucción de tales formas biológicas.

Al hablar en subsiguientes secciones del presente trabajo, expondremos, particularizadamente, sobre tal influencia. Además, dentro del Cuadro ilustrativo N° 4, que aparece a continuación, puede apreciarse, para ciertos procesos, la susodicha acción.

EFFECTIVIDAD DE VARIAS OPERACIONES EN LA REMOCION O DESTRUCCION DE:

<u>Organismo</u>	<u>Sedimentación</u>	<u>Digestión de lodos</u>	<u>Temperatura</u>
<u>Entamoeba histolytica</u> (quistes y trophozoitos)	Difícil de remover a causa del tamaño. No se conoce información directa, aplicada a casos de prototipos.	Para heces mantenidas en envases cubiertos: 100% destrucción a 37°C en tres días. Para 27-30°C: 9 días. Para 16-20°C: 10 días. En emulsiones con agua: ≅ 100% destrucción: 9-25 días. En agua corriente: 100% destrucción: 15 a 153 días.	Para temperatura de 50-68°C, mueren en 5 minutos. Para 100°C, en 5-10 segundos (deseccación mata el quiste instantáneamente).
<u>Esquistosomas</u> (para <i>S. mansoni</i> y japonicum)	≅ 98% remoción en 2-3 horas retención (eclosión cuando relación agua/liq. cloacal aumenta a ± 6). [Cercarias y miracidios, de gran movilidad, que no sedimentan].	Huevo no viable para 24-29°C, en 3 semanas; para 29-32°C, en 9 días (huevo podría sobrevivir en ocasiones hasta por 4 semanas a 30°C).	Tiempos de sobrevivencia: Huevo a 40°C: 240 hr. Para 45°C: 20 min. Para 50°C: 3 min. Para 55°C: 1 min.
<u>Ascaris</u>	Alta remoción para ± 2,5 hr. de retención (la mayoría sedimenta en ± 1,5 hr.).	90% no eclosión a 20°C. en 6 meses. 100% para 38°C en 1 mes. 100% para 45°C en 20 días. 100% para 55°C en 20 min. ≅ 99% destrucción en lechos de secamiento al aire para unos 5 meses.	± 90% destrucción: Para 33°C, 6 días. Para 32°C, 8 días. Para 31°C, 9 días. Para 30°C, 10 días. Para 29°C, 15 días.
<u>Anquilostomo</u>	Se comporta similar al huevo de áscaris, con pequeña reducción del porcentaje de remoción. En general, huevos, así: ± 47% en sobrenadante. 41% en digestión lodos. 21% en lodos secados al aire.	Tiempo de supervivencia algo menor que el huevo de áscaris.	—
<u>Taenia</u>	± 98% remoción en 2 hr. de período retención (bajo condiciones normales de rata desbordamiento superficial).	85-90% no viables para 24-29°C en 7 meses.	—
<u>Nematodes</u> (de vida libre)	Remoción inapreciable en filtros de arena a causa de su movilidad. (Membrana de 5 µ los remueve completamente) [Producción en plantas de tratamiento].	Pueden ser destruidos por la digestión anaerobia, al menos por la mesofílica.	No sensibles a temperaturas operativas.

## TRATAMIENTOS QUIMICOS

### a) *Ovicidas* (huevos de áscaris)

- a-1. Se pueden requerir hasta unos 100 mg/l de  $\text{NaNO}_2$  a  $19^\circ\text{-}22^\circ\text{C}$ , durante tres días, cuando existe acidulación con superfosfato cálcico.
- a-2. Thiabendazol: contra nematodes gastrointestinales del ganado.

### b) *Cloro*

- b-1. No es efectivo contra los nematodes de vida libre hasta concentraciones del orden de los 50 mg/l a 100 mg/l; ni en tales concentraciones contra huevos y quistes de helmintos y amebas.

- b-2. Efectivo contra cercarias y miracidios de esquistosomas, así:

Contra cercarias (de *S. mansoni*):

A  $20^\circ\text{C}$  y con 0,5 mg/l (residuo de cloro libre terminal):

5 min a pH 6 con  $\pm 100\%$  de destrucción

6 min a pH 7 con  $\pm 100\%$  de destrucción

8 min a pH 8 con  $\pm 100\%$  de destrucción

Contra miracidios (de *S. japonicum*):

0,5 mg/l (residuo de cloro combinado) durante 30 minutos de tiempo efectivo de contacto.

- c) *Permanganato de Potasio*: Contra quistes de *E. histolytica*, tan sólo con altas concentraciones, del orden del 2%, y durante un largo período de contacto, de tres días.

- d) *Ozono*: Destrucción de cercaria (de *S. japonicum*) entre  $27^\circ$  a  $29^\circ\text{C}$ , con 0,7 a 0,9 mg/l durante unos 3 a 10 minutos. Presumiblemente, concentraciones similares podrían también ser efectivas para la destrucción de los miracidios.

- e) *Yodo*: La efectividad de este elemento, así como la correspondiente del cloro, está íntimamente ligada a factores (además de la temperatura) tales como el pH. En efecto, la presencia de los compuestos que de ellos actúan, se forman y dispersan en base al grado de ionización del agua en donde se aplican.

Con el objeto de entender mejor sobre esto último, presentamos de seguida, esquemáticamente, la química del cloro y del yodo en agua.

Cloro:

$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{HCl}$ , reacción hidrolítica reversible, en donde el HOCl se ioniza así:

$\text{HOCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OCl}^-$ , reacciona también reversible.

Yodo:

$\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HIO} + \text{H}^+ + \text{I}^-$

O sea que el yodo elemental, en reacción con el agua, se convierte en ácido hipoyodoso y aparece el ión yodato, este último inefectivo como desinfectante.

El siguiente Cuadro N° 5 muestra, para una temperatura dada, la influencia del pH en la formación de compuestos y en los grados de ionización de los mismos.

CUADRO N° 5

pH	C L O R O			Y O D O		
	$\text{Cl}_2$	HOCl	$\text{OCl}^-$	$\text{I}_2$	HIO	$\text{IO}^-$
4	0,5	99,5	—	—	—	—
5	0	99,5	0,5	99,0	1,0	—
6	0	96,5	3,5	90,0	10,0	—
7	0	72,5	27,5	52,0	48,0	—
8	0	↓ 21,5	78,5	12,0	≅ 88,0	0,005
9	0	1,0	99,0	—	—	—

↓ Valores muy por encima de pH 7, reduce efectividad.

↑ Valores del pH menores a 7, poca efectividad.

Nota: El ácido hipocloroso es el más efectivo.

Concentraciones de  $\text{I}_2$  y de HOI son los efectivos para la destrucción.

CUADRO N° 6

Especie	Polivirus, tipo I	E. histolytica
$\text{I}_2$ , mg/l	20,00	2,5
HIO, mg/l	0,45	4,0

Nota: Según lo anterior, pH del agua alrededor de 7,0 es el mejor para mantener efectividad en la destrucción de ambos.

Cuadros preparados, en parte, con la información de las referencias 12, 13, 14 y 15.

Es de interés mencionar adicionalmente, que 2 mg/l durante 30 minutos (a 23°C y en solución ácida) de concentración de yodo, fueron efectivos en la destrucción de quistes de *E. histolítica*; y que 0,1 mg/l de concentración durante 5 minutos, fue efectiva en la destrucción de trophozoitos activos.

Los Gráficos Nos. 1 y 2 insertados más adelante, muestran las características del cloro y yodo en agua en cuanto a la estabilidad de sus formas (en función de tiempo); y los resultados de la concentración de yodo en agua en la destrucción de quistes de ameba, también en función de tiempos de contacto.

## TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

a) *Biocontrol*: En el caso del huésped intermediario del *S. mansoni* (el Caracol *Bionphalaria glabrata*) a través del molusco gastrópodo *Marissa cuernarietus*, predator del anterior según estudios llevados a cabo en Puerto Rico.

b) *Aerobios*:

b-1. Sobre nematodes de vida libre:

b-1-1. De los lodos activados y de los filtros percoladores: Estos procesos estimulan el crecimiento y reproducción de los géneros predominantes antes mencionados (ver Cuadro N° 4).

En efecto, estudios específicos<sup>17</sup> han estimado una concentración de estos nematodes en los efluentes de estos tratamientos entre 650 y 1.500 organismos/litro.

b-1-2. Por otra parte, se ha comprobado la incapacidad de estos nematodes para sobrevivir en los procesos de fermentación anaerobia.. Con el objeto de ilustrar sobre la población de nematodes, se incluye de seguida el Cuadro N° 7.

CUADRO N° 7  
POBLACION DE NEMATODES DENTRO DE VARIOS PORCENTILES  
(No/l)

	10°	50°	90°
Líquido Cloacal Crudo	230	650	1.800
Efluente Tratamientos Combinados	340	1.500	6.500
Efluente Percoladores	300	1.600	8.300
Efluente Lodos Activados	380	1.450	5.300

GRAFICO N° 1

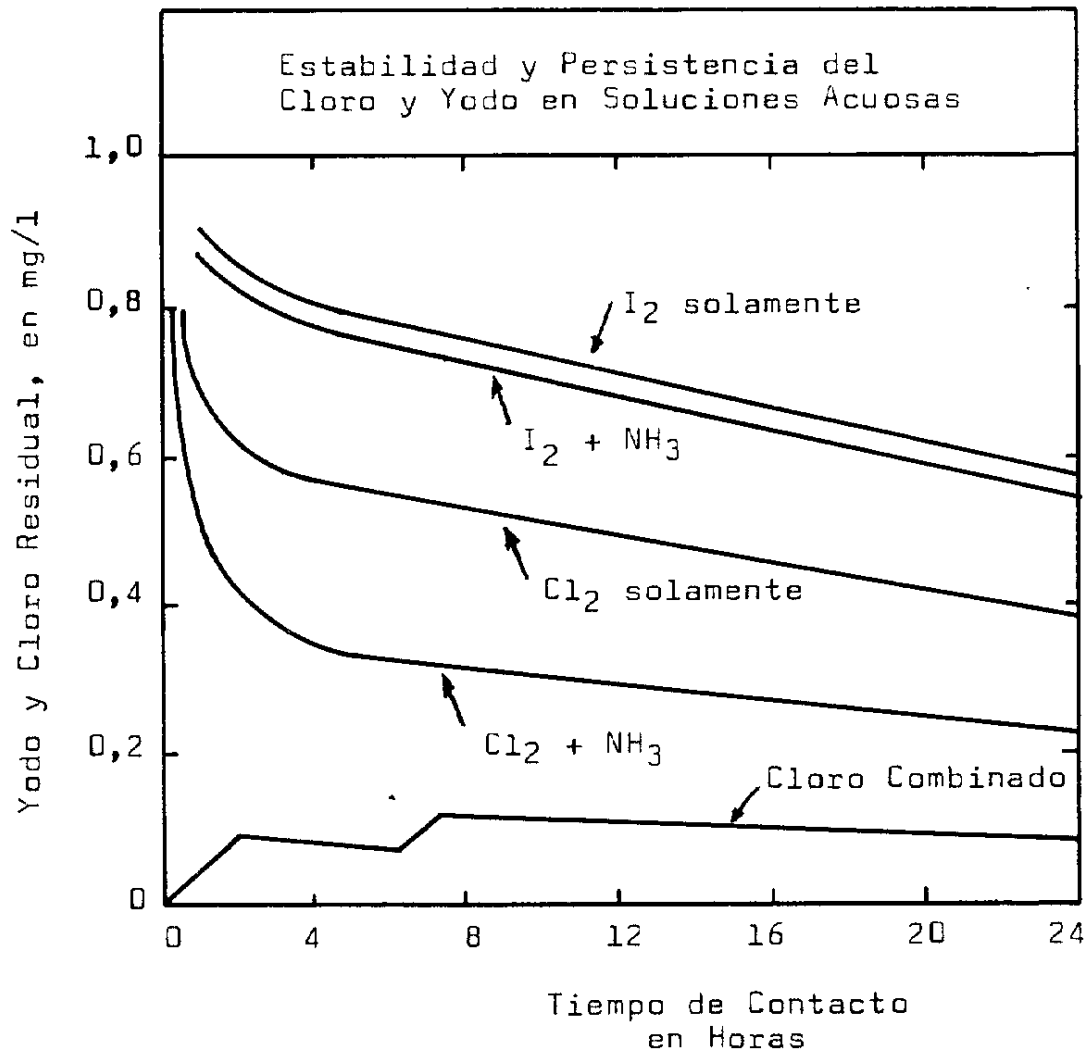
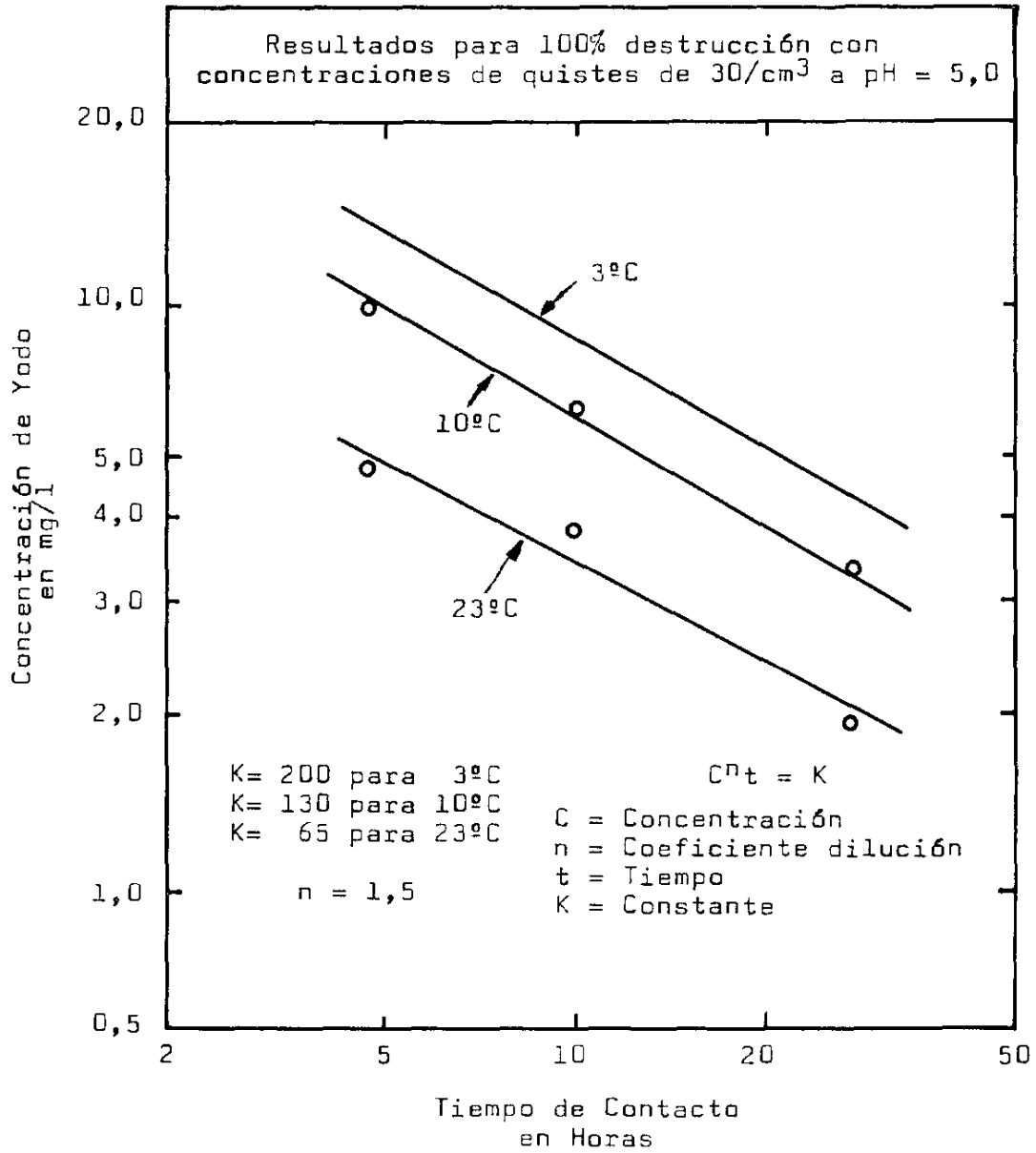


GRAFICO Nº 2



b-2. Sobre miracidio (de *S. japonicum*):

b-2-1. Filtros percoladores: No ha sido posible remover o separar un 100% de estos organismos. En general, hasta un 97% de separación, cuando los filtros funcionan con una carga hidráulica del orden de 10 MLDH, y de un 33% para los correspondientes a 30 MLDH.

b-2-2. Lodos activados: La información que se tiene es que, para 6 horas tiempo de aeración y 2 horas de retención en el decantador secundario, estas formas siempre están presentes en el efluente

b-2-3. Lagunas de estabilización:

b-2-3-1. En lagunas sin mezcla: La separación de huevos y quistes se produce debido a los altos períodos de retención aplicados en la práctica.

c) *Fermentación anaerobia*: Para los huevos de esquistosoma:

c-1. En digestión termofílica ( $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ). Supervivencia hasta para unos 3 minutos de tiempo de contacto.

c-2. En mesofílica: Con estanques separados, de unas 2 a 4 semanas.

d) *En secamiento de lodos al aire*: Cuando se aplica lodo cloacal digerido, se ha encontrado:

Para un 40 a 58% de humedad en la torta: 6 a 9 días de supervivencia.

Para un 60 a 70% de humedad en la torta: hasta unas 3 semanas.

*Nota:* 1) Desecación destruye el quiste de *E. histolítica* en forma instantánea.

2) Lodos pueden ser desinfectados a través de la aplicación de radiaciones del orden de 200.000 rads.



## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Liebmann, H.: "Parasites in Sewage and the Possibilities of their Extinction", *Adv. in Wat. Poll. Res.*, V. 2, p. 269 (1964).
2. Kudo, R.: *Protozoology*, Ch. C. Thomas Publ., p. 357 (1950).
3. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social: *Memoria y Cuenta del Despacho*, p. 164 (1968).
4. Glenfeld & Kennedy, L.: *Microstraining*, Publ., 41, p. 15 (1963).
5. Jones, M. F. & Brady, F. J.: "Effects of Water Treatment Processes on Schistosome Cercariae", *Nat. Inst. Health Bull.*, N° 189, p. 109 (1947).
6. Jones, M. F. y otros: "The Effect of Sewage Treatment Processes on the Ova and Miracidia of *S. Japonicum*", *Nat. Inst. Health Bull.*, N° 189, p. 137 (1947).
7. Burns, D. E.; Baumann, E. R. y Oulman, C. S.: "Particulate Removal on Coated Filter Media", *J.AWWA*, V. 62, N° 2, p. 121 (1970).
8. Rivas Mijares, G.: "Influence of Water and Sewage Treatment Processes on Schistosomes", *The Med. Bull.*, V. 27, N° 3, p. 280 (1967).
9. Rivas Mijares, G.: "Parasites in Sewage", "Formal Discussion" de Ref. 1. *Adv. Water Poll. Res.*, Vol. 2, p. 284 (1964).
10. Chang, S. L. y otros: "Removal of Coxsackie and Bacterial Viruses in Water by Flocculation", Parte I, *J.APHA*, V. 48, N° 1 (1958) y Parte II, V. 48, N° 2 (1958).
11. Seth, A. K. y otros: "Nematodes Removal by Rapid Sand Filters", *J.AWWA*, V. 60, N° 8, p. 962 (1968).
12. Black, A. P. y otros: "Use of Iodine for Desinfection", *J.AWWA*, V. 57, N° 11, p. 1401 (1965).
13. Chang, S. L. y Morris, J. C.: "Elemental Iodine as a Desinfectant for Drinking Water", *Ind. Eng. Chem.*, V. 45, p. 1009 (1953).
14. Chang, S. L.: *Amer. Of. Trop. Med. & Hyg.*, V. 9, p. 136 (1960).
15. Fair, G. M.; Chang, S. L. y Morris, J. C.: "Final Report on Desinfection of Water and Related Substances to Comm. on Med. Res., NRC (1945).
16. Chandhuri, N. y otros: "Nematodes in Aerobic Waste Treatment Plant", *J.AWWA*, V. 57, N° 12, p. 1561 (1965).
17. Chandhuri, N. y otros: "Source and Persistence of Nematodes in Surface Waters", *J.AWWA*, V. 56, N° 1, p. 73 (1964).

## O T R A S

- Morris, J. C. y otros: "Desinfection of Drinking Water under field Conditions", *Ind. Eng. Chem.*, V. 45, p. 1003 (1953).
- Hynes, H. B. N.: *The Biology of Polluted Waters*, Liverpool Univ. Press, p. 134 (1960).
- O'Connor, J. F. y Kapoor, S. K.: "Small Quantity Field Desinfection", *J.AWWA*, V. 62, N° 2, p. 80 (1970).
- Kabler, P.: "Removal of Pathogenic Microorganisms by Sewage Treatment Processes", *Sewage & Ind. Wates*, V. 31, p. 1373 (1959).