

# MOLUSCOCIDAS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE LA ESQUISTOSOMIASIS EN VENEZUELA \*

ING. JOSE ANTONIO JOVE

*Ingeniero Jefe de la División de Ingeniería Sanitaria, Dirección de Salud Pública, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Caracas, Venezuela*

La esquistosomiasis se encuentra en la parte central del norte de Venezuela, y se calcula que la zona endémica abarca aproximadamente una extensión de 7.000 Km.<sup>2</sup>, o sea alrededor del 0,75 % de la superficie total del país. Sin embargo, la zona infectada coincide con la región más densamente poblada. Se estima que el número de personas infectadas asciende a 70.000 y que una tercera parte de ellas presenta probablemente síntomas de la enfermedad. El parásito que la causa es el *Schistosoma mansoni*. El huésped intermediario es un caracol de agua dulce perteneciente a la familia *Planorbidae*, clasificado recientemente por el malacólogo Bengt Hubendick como *Biomphalaria guadeloupensis* (Sowerby), pero que se conoce comúnmente por *Australorbis glabratus* (Say). Se trata de un caracol pequeño, de forma discoidal y de un tamaño aproximado de 3 cm. Normalmente, no habita más que en el agua, aunque se ha probado experimentalmente que puede resistir la desecación durante varios días. Este caracol es bisexual, y por lo tanto, un solo espécimen puede reproducirse. Deposita los huevecillos en masas de 20, aproximadamente, en las rocas o plantas durante todo el año.

Los lugares preferidos por este planorbídeo en Venezuela son, por orden de importancia, desde el punto de vista de la salud pública, los siguientes: 1) canales de riego en que la corriente de agua es lenta; 2) zanjas de drenaje; 3) tierras pantanosas; 4) pequeñas depresiones del terreno, naturales o artificiales, en cuyo fondo se acumula agua, incluso los estanques; 5) pequeños embalses y tanques de concreto para el riego de tierras u otros fines; y 6) pequeños arroyos de corriente muy lenta.

Puede decirse que, con frecuencia, los criaderos han sido causados por el hombre y en muchos casos forman parte de los canales de riego y zanjas de drenaje necesarios para el cultivo de la caña de azúcar. En la mayoría de estas aguas se encuentran peces pequeños, que no tienen valor alimenticio.

## LA LABOR DE CONTROL EN GENERAL

### *Moluscocidas utilizados*

El Ministerio de Sanidad y Asistencia Social de Venezuela utiliza tres moluscocidas en su lucha contra la esquistosomiasis:

1. *Sulfato de cobre*. Este producto químico se emplea bajo la forma de un complejo con el ácido tartárico, porque esta substancia evita la rápida precipitación del cobre en forma de carbonato de cobre, lo que ocurriría por reacción con los bicarbonatos que se encuentran en el agua. El sulfato de cobre es tóxico para los caracoles en dosis muy pequeñas, y creemos que el cobre se acumula en el cuerpo del molusco hasta que sobrepasa de la cantidad crítica necesaria para producir su muerte. Los experimentos de laboratorio que hemos hecho han demostrado que, para matar a los caracoles, el producto de la concentración de sulfato de cobre en partes por millón (p.p.m.) y el tiempo de contacto en horas debe ser aproximadamente 100. Aunque 2 p.p.m. pueden causar la muerte en 48 horas, preferimos utilizar, por razones económicas, 100 p.p.m. durante tres horas, con lo que se consigue un factor de seguridad igual a tres. Esto aumenta el costo de los productos químicos, pero reduce el de la mano de obra, que en Venezuela es elevado. Es necesario utilizar, con esta concentración de sulfato de cobre, unas 20 p.p.m. de ácido tartárico, a los efectos de evitar la precipitación.

\* Publicado en inglés en el *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 14, No. 4, 1956.

2. *Pentaclorofenato de sodio*. Este producto es tóxico en concentraciones superiores a 2-3 p.p.m. si se aplica durante 24 horas. Sin embargo tiene un efecto muy irritante sobre los caracoles aun cuando se le usa en concentraciones tan bajas y hemos observado que el molusco trata de salir del agua para escapar a su acción. Cuando la concentración excede de 10 p.p.m. produce un efecto tan irritante que los caracoles se refugian en la parte más recóndita de su concha, expelen burbujas de aire y pueden incluso excretar ciertas substancias que muchas veces les protegen y les permiten resistir el tratamiento durante un tiempo considerable.

3. *Pentaclorofenato de cobre*. Esta substancia es tóxica cuando excede de 1 p.p.m. El tiempo de exposición requerido por esta concentración es de unas 100 horas. Constituye probablemente el mejor moluscocida de que se dispone en la actualidad, pero nuestras experiencias sobre el terreno son todavía demasiado escasas para llegar a conclusiones precisas. Esta substancia no produce al caracol efecto irritante, de manera que el molusco no trata de huir ni de contraer su cuerpo ni tan siquiera en el caso en que se aplica en fuertes concentraciones. Además, como ocurre con el sulfato de cobre, el cobre tiene un efecto acumulativo en el cuerpo hasta que ocasiona la muerte. La concentración aplicada es de 15 p.p.m. de sulfato de cobre y de pentaclorofenato de sodio durante seis horas.

#### *Personal empleado*

La aplicación del moluscocida está a cargo de brigadas o grupos formados por cuatro personas: un inspector, un subinspector o capataz y dos trabajadores. En algunas ocasiones se añade al grupo personal temporero. El inspector debe poseer una larga experiencia en esta clase de trabajos, saber manejar un vehículo y dirigir los trabajos de los demás miembros de la brigada. Asimismo, es función suya fijar, de preferencia con anticipación, el plan diario de trabajo; inspeccionar las corrientes de agua para determinar la presencia de caracoles, verificar el caudal de agua que se va a tratar y señalar

las cantidades de productos químicos que se utilizarán. También es función del inspector ocuparse de que la brigada esté siempre dotada del equipo y material necesarios. Comprueba la eficacia de las aplicaciones químicas y transmite semanalmente un informe a la oficina central acerca de las distintas fases del trabajo. El formulario que se utiliza para dar cuenta de los resultados de la inspección que se lleva a cabo antes y después del tratamiento, aparece en el Anexo I.

El subinspector es, generalmente, el trabajador de cada brigada que demuestra mayor responsabilidad en el cumplimiento de su labor. Debe saber leer y escribir, pero no necesita una formación fuera de lo corriente. En ausencia del inspector, dirige las tareas de los demás trabajadores y tiene la obligación de prestar toda la ayuda posible en todos los aspectos del trabajo, que, normalmente, no se pueden confiar a los otros miembros de la brigada.

Los otros dos componentes de la brigada son trabajadores corrientes, aunque se prefiere que sepan leer y escribir.

#### *Necesidad de un vehículo*

Para este tipo de trabajo es indispensable disponer de un vehículo, puesto que hay que transportar a diario cuatro personas y una cantidad considerable de equipo y materiales a lugares muy distantes de la base. El tipo de vehículo más conveniente es un camión ligero, cuya parte posterior esté cubierta con el fin de proteger al personal y al equipo. Si es posible, el camión estará provisto de transmisión doble, puesto que este sistema ofrece muchas ventajas para transitar por carreteras en malas condiciones o por terrenos fangosos. Nuestro servicio utiliza camiones y "jeeps". Estos últimos van provistos de un pequeño remolque o bien se les adapta la parte de atrás para que puedan transportar materiales y equipo.

#### *Métodos utilizados en la aplicación del moluscocida*

Los métodos de aplicación de los tres tipos de productos químicos empleados son muy

parecidos, pues sólo difieren en algunos detalles. Sin embargo, el agua corriente (canales, arroyos) requiere una técnica distinta de la que se utiliza en las aguas estancadas, tales como en lagunas o pantanos.

El método explicado a continuación es el seguido cuando se utiliza el complejo de sulfato de cobre. Las modificaciones que hay que hacer al emplear pentaclorofenato de sodio o pentaclorofenato de cobre se indicarán más adelante.

#### TRATAMIENTO DE AGUAS CORRIENTES CON SULFATO DE COBRE

Este método consta de las siguientes operaciones:

1. Observación del número de caracoles presentes antes del tratamiento y colocación de jaulas con caracoles vivos a los efectos de calcular la eficacia del tratamiento.

2. Eliminación de la vegetación y broza que pueda impedir o entorpecer la penetración completa de los productos químicos.

3. Medición del caudal de agua que se va a tratar.

4. Preparación de las soluciones moluscidas.

5. Aplicación de los productos químicos.

6. Comprobación de la eficacia del tratamiento.

#### *Observación del número de caracoles presentes antes del tratamiento*

##### *Equipo*

a) Redes para recoger caracoles. Estas redes se fabrican con telas metálicas galvanizadas, de malla de 8 y 16, colocadas una encima de otra en un armazón de acero ligero de 30 x 35 cm. aproximadamente. El mango debe ser preferentemente de tubo de aluminio de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro y de 1,60 m. de longitud, porque este tipo de tubo es ligero y fuerte. Conviene que la red sea plana, con el fin de que permita esparcir fácilmente el material recogido e identificar rápidamente los caracoles.

b) Pinzas de tamaño grande para sujetar a los caracoles. Se pueden utilizar pinzas de

disección de 25 cm. de largo, pero consideramos más conveniente el uso de pinzas de acero cromado que se emplean en la manipulación del material esterilizado.

c) Botas de goma que lleguen a la altura de la rodilla o de la cadera, para proteger al personal del agua que pueda estar infestada de *Schistosoma*.

d) Guantes de goma, fuertes y durables, que se utilizan en ciertas ocasiones.

#### *Procedimiento*

A los efectos de valorar la eficacia de cada uno de los tratamientos aplicados, se determinará el número de caracoles vivos presentes antes de cada aplicación. Se trata de una tarea difícil, pues la vegetación, la broza y la turbiedad del agua impiden hacerlo con precisión. Siempre que se disponga del tiempo necesario, las observaciones se verificarán inspeccionando la mayor extensión posible del curso de agua. Ocurre con frecuencia que la experiencia adquirida permite al personal determinar qué lugares están libres de caracoles y en qué otros es probable que se encuentren. Los caracoles jóvenes no se pueden contar por ser demasiado pequeños para verlos, pero sumergiendo una red a lo largo del fondo de la corriente, se pueden recoger caracoles de todos los tamaños. Normalmente, se halla el número de ellos por metro cuadrado, pero, en el mejor de los casos, la cifra obtenida tiene sólo un valor relativo por falta de precisión del método y por la escasez del tiempo que se puede dedicar a la inspección. El inspector o el subinspector se encarga de esta tarea, aunque muchas veces la efectúan también los demás trabajadores.

#### *Eliminación de la vegetación y de la broza de la corriente de agua*

Esta operación es siempre necesaria, pero cuando se trata de pequeñas acequias adquiere importancia especial. A menos que se inspeccione la corriente de agua y se eliminen todas las obstrucciones, se experimentarán muchas dificultades durante la aplicación de los productos químicos. A

menudo hay que efectuar trabajos importantes de desbroce, tarea que, siempre que sea posible, debe estar a cargo del personal de la hacienda o plantación en que se encuentra el canal o acequia de riego. Esta ayuda rara vez es negada, pero muchas veces no se obtiene con rapidez y entonces se demora el programa de trabajo.

El equipo requerido para esta clase de trabajo consiste en azadas, picos, palas y sobre todo machetes. Siempre que el personal tenga que trabajar en aguas que puedan estar infestadas debe estar provisto de botas de caucho.

#### *Medición del caudal de agua que se va a tratar*

##### *Equipo*

a) Vertederos. Se fabrican de dos tamaños distintos:  $2,00 \times 0,80$  m. y  $2,70 \times 0,85$  m. El material de su construcción consiste en láminas de hierro galvanizado de un espesor comprendido entre los No. 16 y 20. Estas láminas están reforzadas con ángulos de acero de  $1 \times \frac{3}{16}$  a  $1,5 \times \frac{3}{16}$  pulgadas. La abertura del vertedero forma un ángulo de  $90^\circ$ .

b) Regla de unos 40 ó 50 cm. de longitud, graduada en centímetros y milímetros, que se emplea para medir la profundidad del agua, colocándola sobre la estaca situada detrás del vertedero.

c) Un listón de madera o bordillo recto de 1,50 m. de largo, aproximadamente, que sirve para montar la estaca que se coloca detrás del vertedero, al mismo nivel del vértice del ángulo del mismo.

Un nivel corriente de carpintero, para nivelar la estaca situada detrás del vertedero y para nivelar el vertedero mismo.

d) Una cinta métrica de unos 25 m. de largo, para uso general.

e) Varias tablas de madera de un grosor de 5 cm. por una anchura de 30 a 40 cm. y una longitud de 2,00, 2,50 y 3,00 m. respectivamente, que se utilizan como puentes para cruzar los canales y arroyos y para sostener la caja de orificio fijo sobre el vertedero.

##### *Procedimiento*

Los canales de riego y los arroyos de Venezuela que hay que someter a tratamiento son por regla general pequeños y por consiguiente el caudal de agua puede medirse con precisión. Adoptamos el sistema de utilizar un vertedero triangular para medir corrientes de agua de lecho bien definido y de un caudal hasta de 150 litros por segundo.

Al aplicar el tratamiento a un canal, se debe colocar siempre el vertedero lo más cerca posible de la cabecera del mismo. Si se trata de un arroyo, el vertedero se coloca antes del lugar aguas arriba, en que comienza a haber caracoles planorbídeos. En todos los casos, se deja colocado el vertedero mientras se aplica el producto químico. El moluscocida se aplica casi siempre en el agua, en el mismo lugar en que se encuentra el vertedero.

Cuando hay que tratar volúmenes de agua mayores de 150 litros por segundo, o cuando la forma del lecho del arroyo no permite la rápida o fácil colocación del vertedero, se mide aproximadamente la sección transversal del curso del agua y se hace una valoración de la velocidad del agua de la superficie varias veces sobre una distancia dada mediante hojas flotantes, lo cual permite hallar el caudal C, multiplicando la sección transversal, A, por la velocidad de la superficie, V.

Los inspectores disponen de tablas que les permiten hallar el caudal de la corriente de agua una vez que han efectuado las mediciones apropiadas, bien sea con vertedero o sin él. La tabla utilizada para hallar el volumen de salida de agua de un vertedero triangular de  $90^\circ$  aparece en el Anexo 2.

Hay que tener presente que el caudal de la corriente debe comprobarse varias veces durante la aplicación del moluscocida, a los efectos de regular con arreglo a él la cantidad de substancia química que se ha de emplear. Si se descuida esta operación pueden producirse resultados que no sean satisfactorios, especialmente cuando se trata de canales de riego.

*Preparación de soluciones moluscocidas**Equipo*

a) Toneles de vino de 200 litros de capacidad o cualquier otro recipiente similar. Estos toneles tienen por lo general un agujero o piquera a un lado que hay que tapar con un bitoque. Luego se hace una abertura cuadrada de unos 25 cm. en su parte superior, provista de su tapa correspondiente.

Se perfora también el tonel a unos 10 cm. del fondo para colocar una boquilla de bronce de  $\frac{1}{2}$  pulgada. La boquilla penetra en el interior del tonel. En las partes interior y exterior del tonel por donde atraviesa dicha boquilla se clavarán pedazos de madera de 2,5 cm. de grueso para reforzar la junta. La boquilla debe sobresalir unos 10 cm. del barril y llevar ajustada en la parte exterior una válvula de compuerta de bronce de  $\frac{1}{2}$  pulgada, seguida de otra boquilla de bronce o de cobre, de unos 5 cm. de largo. Esta última está conectada con la caja de dosificación por medio de una manguera de goma de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y de unos 2 m. de largo.

b) Una caja de dos compartimientos dotados de orificios bajo nivel constante para recibir las soluciones que se preparan en los toneles y verterlas en la corriente de agua a un gasto fijo.

Esta caja es de madera, y está recubierta interiormente de una capa de parafina. El interior de los compartimientos es de unos 50 cm. de largo, 18,5 cm. de ancho y 25 cm. de alto, y cada uno de ellos está provisto de una válvula de entrada, hecha de bronce, de  $\frac{1}{2}$  pulgada y de un flotador de cobre. En el fondo de la parte anterior de cada compartimiento existe una abertura por donde pasa una boquilla de bronce. A cada una de éstas se conecta una manguera de goma flexible de  $\frac{3}{8}$  de pulgada. Las mangueras de goma van provistas de un sujetador de cierre (tipo Hoffman). La caja tiene una tapa con bisagras y un ala que sale del fondo de la parte anterior. Este último tiene un doble objeto: servir de soporte del recipiente que se emplea para medir la cantidad de producto químico

que va saliendo, y dirigir verticalmente hacia abajo la manguera de goma.

c) Una balanza automática de 10 Kg. de capacidad para pesar las sustancias químicas.

d) Una medida esmaltada, de alrededor de un litro de capacidad, con las correspondientes marcas en el interior, que se utiliza para medir la cantidad de solución que sale de la caja de orificio fijo. (Se puede utilizar también una medida de vidrio, pero en el campo se rompen con facilidad).

e) Cubos de hierro galvanizado, de una capacidad aproximada de 10 a 15 litros, que se emplean para transportar del arroyo a los toneles, el agua necesaria para preparar la solución.

f) Un molinillo de mano, de hierro fundido, como los que se utilizan en las regiones rurales de la América Latina para moler maíz hervido, que se emplea para moler los cristales de sulfato de cobre cuando son demasiado grandes, a fin de que se disuelvan con rapidez.

g) Una tabla para determinar la cantidad de sulfato de cobre y de ácido tartárico que se ha de aplicar aparece en el Anexo 3.

h) Un embudo esmaltado, o de material plástico, con una boca de 10 cm. de ancho, que se utiliza para sacar de la botella el ácido sulfúrico y para otros fines.

i) Un palo para agitar la solución mientras se prepara.

j) Un reloj de pulsera, si es posible con segundero y esfera luminosa para medir la velocidad de las corrientes y para comprobar la aplicación de la solución.

*Productos químicos*

a) Sulfato de cobre, grado técnico, de preferencia en polvo o en pequeños cristales, empacado en sacos de papel de 50 Kg. ó 100 lb, y cubiertos a su vez con sacos de yute.

b) Acido tartárico, grado técnico, empacado en la misma forma que el sulfato de cobre.

c) Solución al 10 % de ácido sulfúrico, en botellas de unos 5 litros, embaladas para su

protección en una caja de madera provista de un asa.

#### *Procedimiento*

Después de medir el caudal de agua, se instalan los toneles conectándolos a la caja de dosificación y se llenan con 180 litros de agua por medio de los cubos.

Si el agua contiene hojarasca o basura, se filtra a través de un saco de harina vacío o de cualquier otro modo parecido. De esta manera se evitará la obstrucción de la manguera y de las conexiones. Conviene cuidar que las válvulas estén cerradas y que no goteen. Después de ver en la tabla correspondiente la cantidad de sulfato de cobre que se debe utilizar, se pesará y se colocará en uno de los toneles. Cuando los cristales de sulfato de cobre sean grandes, conviene molerlos para que se disuelvan más rápidamente. Siempre que la cantidad de sulfato de cobre sea mayor de unos 10 Kg. es necesario agregar 500 ml. de ácido sulfúrico al 10 % antes de introducir la sal, para evitar que ésta se precipite en el tonel. La solución debe agitarse fuertemente con un palo hasta que no quede ningún cristal en el fondo. En el caso de que la cantidad de sulfato de cobre que se ha de disolver sea superior a 10 Kg. es conveniente ir incorporando al agua por partes, con el fin de facilitar el movimiento del palo.

De un modo similar, se mira en la tabla la cantidad exacta de ácido tartárico que se debe usar, se pesa, se coloca en un segundo tonel y se remueve el agua hasta que se haya disuelto totalmente.

#### *Aplicación de los productos químicos*

##### *Procedimiento*

Se abre la válvula que conecta cada uno de los toneles con el correspondiente compartimiento de la caja de dosificación, asegurándose, primero, que esté cerrado el sujetador de cierre en todas las mangueras de goma. Entonces se llena dicha caja.

Las tablas utilizadas se prepararon de modo que cada solución salga a razón de 1 litro por minuto.

Luego se suelta el sujetador de cierre del compartimiento que contiene la solución de sulfato de cobre, y con el reloj a la vista, se mide el caudal por medio del recipiente esmaltado, regulándolo hasta obtener una salida de un litro por minuto. De modo parecido se regula la cantidad de la solución de ácido tartárico. Conviene colocar las dos mangueras de salida de modo que formen una corriente común en el agua. Se mide el tiempo y se anota exactamente. Entonces empieza el tratamiento.

Siempre que la cantidad de sulfato de cobre para disolver sea mayor de 30 Kg. conviene utilizar dos toneles, a los efectos de facilitar la formación de la solución; en este caso se doblará la proporción es decir, que se aplicarán a la corriente de agua dos litros de solución por minuto. En el caso de Venezuela, no se requiere con mucha frecuencia esta medida.

Se pueden preparar ambas soluciones en un mismo tonel, si bien no es aconsejable, ya que se forma tartrato de cobre, sustancia que tiende a depositarse en las válvulas y obstruye el paso del agua.

#### *Dificultades prácticas*

Las aguas que contienen considerable cantidad de arcilla o de materias orgánicas en suspensión tienden a absorber el compuesto de sulfato de cobre. En circunstancias normales, el tratamiento será 100 % eficaz hasta 1.500 ó 2.000 metros a partir del punto de aplicación, pero cuando el agua contiene arcilla en suspensión o desperdicios orgánicos, tales como aguas negras, el tratamiento sólo será efectivo en los primeros 500 m.

No nos ha satisfecho el uso de la manguera de goma y del sujetador de cierre para la preparación de las soluciones, puesto que requieren mucho tiempo para llegar a la proporción de un litro por minuto. Además, las partículas en suspensión tienden a obstruir el tubo en el punto en que presiona el sujetador, lo que obliga a soltarlo y a ajustar de nuevo el caudal de salida de agua.

Por esta razón, tratamos ahora de hacer

unas boquillas que, reguladas por la caja de orificio fijo cuando está llena, descarguen aproximadamente un litro por minuto. De esta forma se podrá eliminar con un simple alambre cualquier obstrucción que se produzca.

#### *Comprobación de la eficacia del tratamiento*

##### *Equipo*

- a) Botas de goma para proteger al personal contra la infección.
- b) Redes para recoger caracoles.
- c) Pinzas de tamaño grande, como las que hemos indicado ya.
- d) Cajas de material plástico del tipo que se usa corrientemente para guardar pastillas de jabón. La tapa de cada una de ellas lleva cinco hileras de tres agujeros de 6 mm. de diámetro.
- e) Una botella de vidrio que contenga hidróxido de sodio (15-20 %) y un platillo de Petri o un plato esmaltado. Este equipo debe colocarse en una caja apropiada de madera para evitar que se rompa o que el líquido se derrame.

##### *Procedimiento*

Hay que efectuar una especie de comprobación después del tratamiento de la corriente de agua para ver si ha dado buenos resultados. Se recogerán caracoles de la corriente, para verificar si están vivos o muertos, pero no se deben recoger hasta después de transcurridas 48 horas, como mínimo, a contar del momento en que terminó la aplicación del producto químico, y, mejor aún, hasta que hayan transcurrido 72 horas, pues es necesario tener en cuenta que muchas veces los caracoles no mueren inmediatamente después del tratamiento.

El inspector debe recorrer todo el curso de la corriente, dando preferencia a los lugares en que los caracoles abundan más. Al anotar los resultados debe indicar el porcentaje de caracoles muertos y la distancia entre el lugar en que se recogieron y el punto de aplicación del moluscocida.

En Venezuela, además de este tipo de ob-

servación, colocamos en la corriente jaulas con caracoles vivos antes de empezar el tratamiento. Estas jaulas son de material plástico del tipo que hemos señalado anteriormente. Se pueden utilizar, claro está, otros tipos de jaula, pero esta clase nos parece la más conveniente. También son aceptables otras de madera y tela de yute con armazón de alambre. Asimismo se pueden emplear jaulas de caña de bambú, pero tienen el inconveniente de deteriorarse rápidamente. No se debe utilizar con el sulfato de cobre alambre galvanizado porque el cobre tiende a depositarse en dicho alambre al cabo de cierto tiempo y mata a los caracoles de la jaula, dando lugar a resultados erróneos.

En cada jaula se colocan diez caracoles de un tamaño mínimo de 1 cm., de preferencia recogidos en la corriente de agua. Los caracoles se manipularán cuidadosamente para no romperles la concha ni causarles ningún daño.

Las jaulas se colocan en el centro de la corriente de agua, amarradas a una estaca de forma que queden totalmente sumergidas, con un margen suficiente para compensar las alteraciones del nivel del agua. Conviene tapar o esconder las jaulas para que los niños no las saquen del agua. El número de jaulas que se coloque dependerá de la longitud de la corriente de agua que hay que tratar. La primera jaula se instalará a 500 m. del punto de aplicación del tratamiento, y las restantes a una distancia de 200 m. entre sí hasta el punto en que se considere que alcanzan los efectos del tratamiento. La distancia real que cubre el tratamiento varía bastante según las condiciones locales, pero un inspector experto puede calcularla aproximadamente en la mayoría de los casos.

Cuando se trata de canales de riego o de acequias con ramales, se deberán colocar también jaulas en los canales menores, siempre que corra agua suficiente por ellos. En caso de que el agua no corra fácilmente, o cuando se presente cualquier duda, la solución se aplicará por medio de bombas de

presión, en la forma que se señala más adelante para el tratamiento de aguas estancadas. A los efectos de comparación, se coloca otra jaula con caracoles en la propia corriente, pero más arriba del punto de dosificación.

Tres días después de aplicado el tratamiento se retiran las jaulas y se numeran, cuidando bien de identificar las que se han perdido y las que se han encontrado fuera del agua. Luego, se entregan al inspector para que compruebe el número de caracoles muertos en cada trampa.

Son muchas las formas de averiguar si un caracol está muerto, por ejemplo: por el olor característico de materia animal descompuesta que despiden; si al aplastarlos no exudan sangre, etc. Nuestro método ordinario consiste en sumergir dos o tres caracoles a un tiempo en una pequeña cantidad de sosa cáustica, al 15-20%, contenida en un platillo de Petri o en un plato blanco esmaltado; si salen de la concha burbujas y sangre, el caracol se considera vivo y en el caso contrario, muerto. Se pueden utilizar otras muchas sustancias en lugar de la sosa cáustica.

Los resultados de las observaciones realizadas en caracoles recogidos directamente del agua y en los de las jaulas, permiten al inspector calcular el porcentaje total de caracoles muertos, dato que anota en su informe. Se deberá poner atención en que la clase de materiales utilizados para jaulas no sea tóxico, pues en ciertas ocasiones son perjudiciales a los caracoles y podría atribuirse la muerte al moluscocida cuando, en realidad, se debería a la jaula. Cuando se vaya a emplear un material nuevo, se debe probar antes en el laboratorio y sobre el terreno, sin la aplicación de productos químicos. En caso de que surja alguna duda sobre si las jaulas pueden impregnarse con el tiempo de las sustancias químicas utilizadas, se deberán llevar a cabo las pruebas necesarias para ponerla en claro.

La inspección directa de la corriente de agua después del tratamiento tiene una gran importancia a los efectos de medir la eficacia

de los productos químicos y del método de aplicación. Consideramos que los resultados obtenidos por inspección directa son más seguros que los procedentes de las observaciones efectuadas en los caracoles cautivos, puesto que estos últimos no gozan de la libertad de movimiento que tienen los moluscos libres.

Con relación al sulfato de cobre concuerdan, en general, los resultados obtenidos en los dos tipos de observación señalados. Sin embargo, no podemos decir lo mismo respecto a ciertos otros productos químicos, tales como el pentaclorofenato de sodio. Siempre que los resultados demuestren que el tratamiento no ha tenido éxito, se debe efectuar una comprobación y repetir el tratamiento.

#### TRATAMIENTO DE LAS AGUAS ESTANCADAS CON SULFATO DE COBRE

Se entiende por aguas estancadas las tierras pantanosas, estanques, las zanjas de drenaje obstruidas, los remansos del cauce de los ríos y otros lugares similares. Por regla general, la aplicación de moluscocidas a este tipo de criaderos se lleva a cabo por medio de bombas de rociamiento o de pequeñas bombas movidas a motor de gasolina. El tratamiento de las aguas estancadas comprende las siguientes operaciones:

- 1) Determinación del número de caracoles vivos antes del tratamiento.
- 2) Eliminación de la vegetación que puede estorbar el tratamiento.
- 3) Medición del volumen de agua que hay que tratar.
- 4) Preparación de la solución moluscocida.
- 5) Aplicación de los productos químicos.
- 6) Comprobación de la eficacia del tratamiento.

#### *Determinación del número de caracoles antes del tratamiento*

El número de caracoles vivos, presentes antes de cada aplicación, se determina de una forma semejante a la explicada para el



tratamiento de las corrientes de agua. Únicamente se colocan jaulas con caracoles en el caso de tratamientos experimentales especiales.

#### *Eliminación de la vegetación*

Esta medida es importante porque en donde la vegetación es muy espesa gran parte del producto químico que se aplica no puede penetrar en el agua. Siempre que las circunstancias lo permitan, se debe cortar la vegetación lo más cerca del agua posible y llevar toda la broza a un lugar en que no estorbe. Este aspecto de los trabajos es, muchas veces, el más difícil y el que requiere más tiempo. El equipo necesario es igual al descrito para el tratamiento de aguas corrientes.

#### *Medición del volumen de agua*

Con excepción de los pequeños remansos de los ríos o de cualquier otra clase, se mide aproximadamente el área que se va a rociar y se calcula el promedio de profundidad del agua. De esta manera, se obtiene el número de metros cúbicos que hay que tratar y se calcula la cantidad de solución, a una determinada concentración que debe aplicarse. El tratamiento de los pequeños remansos se calcula a ojo, método que puede aceptarse dado el pequeño volumen de agua de que se trata y la experiencia que posee el personal. En relación con los estanques o pequeños embalses que se usan para riego, el tratamiento en general no se extiende más allá de 10 metros de la orilla, porque casi nunca se encuentran caracoles a dicha distancia a la profundidad normal del agua y porque serían necesarias grandes cantidades de productos químicos para el tratamiento de las profundidades mayores. Las grandes masas de agua no se tratan porque ello supondría un gasto que no guardaría proporción con los fondos disponibles. Hay que reconocer, sin embargo, que los lagos y embalses de la región son poco numerosos y según nuestros conocimientos no plantean problemas de esquistosomiasis.

#### *Preparación de la solución moluscocida*

##### *Equipo*

a) Para el tratamiento de estanques, se utilizan toneles de 200 litros del mismo tipo descrito para el tratamiento de aguas corrientes.

En las zonas pantanosas y zanjas de drenaje, nos servimos de toneles de 100 litros, abiertos por uno de sus extremos. No se necesitan empalmes o accesorios de tubería para estos barriles de tamaño menor, que son menos pesados y que los trabajadores pueden transportar más fácilmente.

b) Bombas de rociamiento. Estos aparatos deben ser de cobre o de latón. No se deben utilizar rociadores que tengan elementos de acero o de hierro, porque se deterioran muy pronto. Hemos utilizado principalmente los dos tipos siguientes: Rociador de mochila No. 1, fabricado por la "Champion Sprayer Company" de los Estados Unidos de América, que va provisto de un tanque de latón de 4,5 galones de capacidad (aproximadamente 15 litros) y con boquilla del No. 69, y la bomba rociadora "Fiorentina", fabricada por Pietro Ferrari Eredi, de Padua, Italia, que tiene un tanque de cobre de 15 litros de capacidad y utiliza una boquilla rociadora del tipo llamado de rejilla.

c) Bombas de bronce del tipo de engranaje, con válvulas de entrada y salida de  $\frac{1}{2}$  pulgada movidas por un motor de gasolina de 1 ó  $1\frac{1}{4}$  HP. Estas bombas van provistas de una manguera de succión de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro y de 2 m. de largo, y de una manguera de descarga del mismo diámetro, pero de una longitud de 10 m. A esta manguera va unida una boquilla de latón, hecha en taller, de una abertura de 4 mm. Con esta boquilla la solución se puede lanzar a 10 metros.

d) Botas de goma.

e) Gafas para proteger los ojos del personal que efectúa las operaciones de rociamiento.

El resto del equipo es similar al que ya señalamos al ocuparnos del tratamiento de

agua corriente, salvo que no se necesita una caja de dosificación, ni reloj.

### *Procedimiento*

La solución se prepara en un solo tonel en el que se echan el sulfato de cobre y el ácido tartárico, pues ésta es la única forma conveniente. En primer lugar, se agrega el ácido sulfúrico a una proporción de 250 ml. por cada 100 litros de solución. Luego se añaden 10 Kg. de sulfato de cobre por cada 100 litros y se disuelven, y finalmente 200 g. de ácido tartárico. Se observará que la proporción de ácido tartárico al sulfato de cobre es muy pequeña (1:50) en comparación con la empleada en las aguas corrientes. Esta reducción es necesaria para evitar la formación de tartrato de cobre, que obstruiría las piezas del rociador y haría imposible, por lo tanto, la ejecución del trabajo.

### *Aplicación de productos químicos*

En el tratamiento de los lugares pantanosos se emplean bombas de rociamiento salvo cuando aquéllos tengan una gran extensión, en cuyo caso se emplea una bomba de motor. Los toneles de 100 litros se colocan alrededor del lugar que se va a rociar y sirven para llenar los rociadores. Se rocía completamente el lugar dirigiendo la boquilla de forma que la solución caiga a ras del agua para evitar que toque a las plantas. El contenido de un rociador (15 a 16 litros) cubre normalmente unos 150 m.<sup>2</sup>, y la operación de rociamiento requiere de 7 a 10 minutos. Se procura aplicar unos 10 g. por metro cuadrado, lo cual, cuando el agua no es muy profunda, produce una concentración de unas 100 p.p.m. Muchas veces se puede desecar, total o parcialmente, el lugar pantanoso, lo cual ayuda a concentrar los caracoles en zanjas de desagüe en donde pueden destruirse más fácilmente con el moluscocida.

En las zanjas de drenaje se usan las bombas de rociamiento. Cuando estas zanjas tienen una anchura de 30 a 40 cm. y contienen poca cantidad de agua, un hombre siguiendo la orilla de la zanja hace el rociamiento

y cuida al mismo tiempo de que no quede sin rociar ningún hoyo ni pisada de animal en que se haya depositado agua. El contenido de un rociador permite tratar una extensión de unos 200 m. y la operación dura de 7 a 10 minutos. Cuando se trata de zanjas de hasta 80 cm. de anchura, es preferible emplear dos hombres, uno por cada lado de dichas zanjas, que la recorren al mismo paso, pero esta tarea la puede desempeñar también un solo individuo, recorriendo primero un lado y regresando por el otro. Para las zanjas de esta anchura, el contenido del rociador dura para un trayecto de 50 m. aproximadamente. El promedio de producto químico aplicado es de 20 a 30 g. por metro lineal, pero la dosificación que se obtiene en p.p.m. es muy variable.

En los estanques, así como en extensos lugares pantanosos, el rociamiento se efectúa con una bomba de motor. En este caso, es preferible utilizar, como recipientes de la solución, toneles de 200 litros. Estos se colocan en la periferia del estanque o del lugar pantanoso a intervalos de 25 m. El chorro de la solución alcanzará una distancia de unos 20 m. del lugar en que están colocados los toneles. En los estanques, no se pretende rociar una distancia mayor de 10 m. de la orilla, pues normalmente, los caracoles no se encuentran en aguas más profundas, pero, en cambio, hay que cubrir todos los lugares pantanosos, y siempre que el caso lo requiera hay que trasladar la bomba hacia la parte central de dichos lugares. A medida que avanzan los trabajos, se marca con estacas la zona que ha sido rociada, lo cual facilita el control de las operaciones.

Los tanques de agua que están infestados de caracoles reciben también tratamiento. A este fin, se pide a los propietarios que bajen el nivel del agua hasta llegar casi al fondo de los tanques, a los efectos de economizar productos químicos, y al mismo tiempo se les solicita que limpien las paredes de dicho tanque con un cepillo o una escobilla. Luego, se mide el volumen del agua que

queda y se aplica el tratamiento con cubos, moviendo la mezcla siempre que sea necesario. El producto químico se aplica a una proporción de unas 100 p.p.m. y se deja permanecer en el tanque durante unas tres horas antes de desaguarlo. Se recomienda que antes de volver a llenar el tanque se limpie o riegue su interior con una manguera.

#### *Comprobación de la eficacia del tratamiento*

Esta operación se lleva a cabo de la misma forma que se indicó al referirnos a las corrientes de agua, con la excepción de que no se instalan jaulas con caracoles.

#### TRATAMIENTO CON PENTAFLUOROFENATO DE SODIO

Esta sustancia química se aplica de forma similar a la indicada con respecto al compuesto de sulfato de cobre, pero solamente se emplea una sustancia en la preparación de las soluciones. Tanto para el tratamiento de las aguas corrientes como estancadas, el equipo es exactamente igual al señalado anteriormente.

Hay que tener presente que el pentafluorofenato de sodio produce una irritación tan considerable a los caracoles, que éstos tratarán de salir del agua o de contraerse en el interior de su concha para escapar del contacto con el moluscocida. Por esta razón, en el tratamiento de corrientes de agua es necesario utilizar concentraciones muy bajas o de lo contrario muchos caracoles resistirán el tratamiento. Hemos llegado a la conclusión de que, en relación con nuestros caracoles, la proporción de 5 p.p.m. durante 24 horas da un resultado excelente en las corrientes de agua. En el Anexo 4 aparece la tabla utilizada para la determinación de la cantidad de pentafluorofenato de sodio necesaria para el tratamiento de un determinado caudal de agua a la proporción indicada. Esta sustancia tiene la ventaja sobre el sulfato de cobre que no se precipita, ni se absorbe fácilmente. Por esta razón, su eficacia alcanzará una distancia tres o cuatro veces mayor que la del sulfato de cobre. Hemos observado que es muy eficaz

hasta una distancia de 6 Km. del punto de aplicación.

En cuanto a las aguas estancadas, creemos que esta sustancia tiene muchas ventajas sobre el compuesto de sulfato de cobre. Para los rociamientos usamos una solución que contiene 1 Kg. de moluscocida por cada 50 litros. La cantidad que se aplica a terrenos pantanosos es de 2 a 3 g. por m.<sup>2</sup>, en lugar de 10 g. de sulfato de cobre, y en zanjas de desagüe se utilizan de 5 a 8 g. por metro lineal, en vez de 20 a 30 g. de sulfato de cobre. Con mucha frecuencia nos encontramos con aguas en las que hay que doblar, triplicar y hasta cuadruplicar la cantidad de sulfato de cobre que se requiere normalmente, con el fin de contrarrestar el efecto adverso de la precipitación sobre la eficacia del tratamiento; sin embargo, esto no es necesario con el pentafluorofenato de sodio, lo cual representa una economía de moluscocidas. En resumen, preferimos el pentafluorofenato de sodio al compuesto de sulfato de cobre para las corrientes de agua de longitud considerable y para las aguas estancadas. Sin embargo, hay que reconocer que todavía desconocemos muchos efectos de este producto químico y que los resultados del tratamiento son muchas veces irregulares. Conviene señalar, asimismo, que tal vez se podría conocer mejor dicho moluscocida si se dispusiera de una prueba fidedigna para determinar su concentración, en las condiciones de campo, después de su aplicación. El mejor método de prueba que conocemos es el de Haskins, que proporciona buenos resultados con aguas claras hasta unas 5 p.p.m. aproximadamente. Sin embargo, en el campo no se encuentran fácilmente aguas claras, y sustancias presentes en el agua alteran los resultados y dan lugar a conclusiones dudosas. Cuando se trata de aguas turbias o coloreadas, nunca se tiene la seguridad de que las concentraciones obtenidas por el método de Haskins sean correctas, y cuando la dosificación es menor de 5 p.p.m. es imposible su determinación exacta. Es, por consiguiente, muy importante poder disponer de un método seguro

para determinar la concentración de pentaclorofenato de sodio en las operaciones de campo en cantidades tan pequeñas como 1 p.p.m.

El pentaclorofenato de sodio irrita mucho la piel y las mucosas del hombre y, por consiguiente, el personal que manipula esta substancia debe ir provisto de guantes y máscara. Asimismo van equipados de una visera de protección, del tipo usado por soldados, pues es también conveniente para la manipulación del mismo. Durante las operaciones de rociamiento se llevarán anteojos, ya que, a veces, el viento echa el líquido a los ojos y éste produce escozor. Es mejor adquirir esta substancia en forma de pastillas, que en polvo.

En la comprobación de la eficacia de un tratamiento con pentaclorofenato de sodio, no hay que confiar mucho en los resultados obtenidos con caracoles enjaulados. Ha ocurrido con mucha frecuencia que la mortalidad de éstos después del tratamiento llega al 100% mientras que los que están cercados en el agua, pero que pueden arrastrarse hasta la orilla o la vegetación, presentan un índice de mortalidad bastante diferente.

#### TRATAMIENTO CON PENTAFLOROFENATO DE COBRE

El equipo que se emplea para este moluscocida es esencialmente el mismo que se utiliza en el tratamiento con sulfato de cobre. Nuestra experiencia con esta substancia se ha limitado a las corrientes de agua. Esta substancia química no es soluble en el agua; es soluble en alcohol, pero el uso de éste no es práctico por su elevado costo. Producimos el pentaclorofenato de cobre mediante la aplicación de soluciones de sulfato de cobre y de pentaclorofenato de sodio procedentes de toneles separados, a través de los dos compartimientos de una caja de dosificación. De esta forma, se obtiene una suspensión coloidal de pentaclorofenato de cobre. No se agrega ácido tartárico ni ácido sulfúrico al sulfato de cobre, porque es contraindicado. Los chorros de ambas subs-

tancias deben dirigirse de forma que caigan uno cerca del otro, de preferencia uno delante del otro, a una distancia comprendida entre 2 y 15 cm., según sea la concentración de las soluciones empleadas. Una vez hecha la instalación, se recogerá agua de la corriente sometida a tratamiento, uno poco más adelante del segundo chorro, con el objeto de determinar si se ha producido la sal de pentaclorofenato de cobre insoluble, que se reconocerá inmediatamente por un precipitado pardusco. En caso de que se forme dicha substancia, los chorros deberán separarse más. La suspensión coloidal da un color rosado al agua. Este tipo de tratamiento no puede aplicarse a las aguas estancadas.

El pentaclorofenato de cobre posee las buenas cualidades de los dos moluscocidas que lo integran, y ninguno de sus inconvenientes. No se precipita, no lo absorbe fácilmente la arcilla o las materias orgánicas, y los caracoles no advierten su presencia, aun en el caso de fuertes concentraciones y, por consiguiente, no tratan de escapar. Su eficacia, en cuanto a longitud de corriente, es igual a la del pentaclorofenato de sodio.

Aunque nuestra experiencia con este moluscocida es todavía escasa, puesto que sólo lo hemos empleado en el campo durante un año y en pequeña escala, consideramos sin embargo que, por lo menos en las corrientes de agua, es el moluscocida que ofrece mejores perspectivas. Aplicamos 15 p.p.m. de cada uno de sus componentes durante seis horas y logramos al parecer una destrucción del 100% de los moluscos.

#### OBSERVACIONES

En el tratamiento de las corrientes de agua ha sido muy difícil mantener el caudal del moluscocida en la proporción fijada. Esta (1 litro por minuto) es bastante reducida y, en consecuencia, la afecta cualquier pequeña partícula que se pueda alojar en la tubería de descarga. Sería conveniente contar con una pequeña válvula para reemplazar la grapa de Hoffman, que pudiera limpiarse con facilidad y ajustarse con rapidez para

poder descargar el moluscocida a la misma cantidad que antes.

Las bombas de rociamiento que hemos utilizado no son muy fuertes, aunque los que produce una de las compañías parecen ser de mejor calidad y por lo tanto más durables que los otros. Suponemos que estos rociadores se fabrican principalmente para uso de pequeños agricultores y que se utilizan tan sólo pocas veces al año y por tanto rinden un buen servicio durante muchos años. Pero cuando es necesario utilizar el aparato diariamente, se debe fabricar con materiales muy resistentes.

La superficie del tanque y de otros accesorios, si son de latón, se descascaran fácilmente con el uso o presentan picaduras cuando se usan durante algún tiempo, dando lugar a escapes o roturas. La tubería interior del cilindro o cámara de presión también se deteriora muy rápidamente y, en consecuencia, se obstruye. La manguera es a veces de

mala calidad y se aplasta por donde se la dobla.

Los tirantes para sostener el aparato son siempre de muy mala calidad. El fondo del depósito se deteriora con gran rapidez. El agitador es muy delgado, se descascara y finalmente se rompe. Las grapas de la manguera son de material galvanizado y se destruyen rápidamente. La parte superior de algunos depósitos es muy delgada y no da buen resultado. Los coladores, a veces, también duran muy poco.

En caso de que se considerara conveniente el empleo de bombas de rociamiento para la destrucción corriente de caracoles en países en que la esquistosomiasis constituye a un problema mucho mayor que en Venezuela y, en donde, por consiguiente, hayan de utilizarse constantemente numerosos rociadores, será necesario redactar especificaciones que sirvan de orientación a los fabricantes.

ANEXO 1

FORMULARIO PARA LOS INFORMES DE INSPECCION ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO DIVISION DE INGENIERIA SANITARIA, SECCION DEL CONTROL DE ESQUISTOSOMIASIS

*Detalle de inspección de las corrientes de agua*

- Inspeccionado por.....
- Fecha.....
- 1. Nombre de la corriente de agua.....
- 2. Cuenca hidrográfica.....
- 3. Nombre del pueblo más cercano.....
- 4. Longitud de la corriente de agua.....
- 5. Tipo de terreno.....
- 6. Tipo de vegetación.....
- 7. Fecha del último tratamiento.....
- 8. Resultado del último tratamiento.....
- 9. Fecha de la última inspección.....
- 10. Detalle de la última inspección.....
- 11. Presencia de *A. glabratus* (caracol).....

Se encontraron en la corriente de agua	Tamaño	Cantidad por metro cuadrado	Características del lugar

- 12. ¿Visitan los habitantes los lugares mencionados?.....
- 13. ¿Es necesario poner avisos?.....
- 14. Observaciones.....

Firma.....

## ANEXO 2

TABLA UTILIZADA PARA CALCULAR EL VOLUMEN DE SALIDA DE AGUA  
DE UN VERTEDERO TRIANGULAR DE 90°

A* (cm.)	C** (litros por seg.)	A* (cm.)	C** (litros por seg.)	A* (cm.)	C** (litros por seg.)
2,5	0,14	18,5	20,7	34,5	98,1
3,0	0,22	19,0	22,1	35,0	102,0
3,5	0,32	19,5	23,6	35,5	105,0
4,0	0,45	20,0	25,1	36,0	109,0
4,5	0,60	20,5	26,7	36,5	113,0
5,0	0,78	21,0	28,4	37,0	117,0
5,5	1,00	21,5	30,1	37,5	121,0
6,0	1,24	22,0	31,9	38,0	125,0
6,5	1,51	22,5	33,7	38,5	129,0
7,0	1,82	23,0	35,6	39,0	133,0
7,5	2,16	23,5	37,6	39,5	138,0
8,0	2,54	24,0	39,6	40,0	142,0
8,5	2,96	24,5	41,7	40,5	146,0
9,0	3,41	25,0	43,8	41,0	151,0
9,5	3,90	25,5	46,1	41,5	156,0
10,0	4,44	26,0	48,4	42,0	160,0
10,5	5,01	26,5	50,7	42,5	165,0
11,0	5,63	27,0	53,1	43,0	170,0
11,5	6,29	27,5	55,6	43,5	175,0
12,0	7,00	28,0	58,2	44,0	180,0
12,5	7,75	28,5	60,8	44,5	185,0
13,0	8,55	29,0	63,5	45,0	191,0
13,5	9,39	29,5	66,3	45,5	196,0
14,0	10,30	30,0	69,2	46,0	201,0
14,5	11,20	30,5	72,1	46,5	207,0
15,0	12,20	31,0	75,1	47,0	212,0
15,5	13,30	31,5	78,1	47,5	218,0
16,0	14,40	32,0	81,3	48,0	224,0
16,5	15,50	32,5	84,5	48,5	230,0
17,0	16,70	33,0	87,8	49,0	236,0
17,5	18,00	33,5	91,1	49,5	242,0
18,0	19,30	34,0	94,6	50,0	248,0

\* A = Altura del agua.

\*\* C = Caudal.

## ANEXO 3

TABLA UTILIZADA PARA CALCULAR LA CANTIDAD DE SULFATO DE COBRE Y DE ACIDO TARTARICO QUE SE NECESITA PARA TRATAR UN CAUDAL DE AGUA DE 1 LITRO POR MINUTO\*

Caudal (litros por seg.)	Sulfato de cobre (Kg.)	Acido Tartárico (Kg.)	Caudal (litros por seg.)	Sulfato de cobre (Kg.)	Acido tartárico (Kg.)
0,50	0,540	0,108	51	55,080	11,016
1	1,080	0,216	52	56,160	11,232
2	2,160	0,432	53	57,240	11,448
3	3,240	0,648	54	58,320	11,664
4	4,320	0,864	55	59,400	11,880
5	5,400	1,080	56	60,480	12,096
6	6,480	1,296	57	61,560	12,312
7	7,560	1,512	58	62,640	12,528
8	8,640	1,728	59	63,720	12,744
9	9,720	1,944	60	64,800	12,960
10	10,800	2,160	61	65,880	13,176
11	11,880	2,376	62	66,960	13,392
12	12,960	2,592	63	68,040	13,608
13	14,040	2,808	64	69,120	13,824
14	15,120	3,024	65	70,200	14,040
15	16,200	3,240	66	71,280	14,256
16	17,280	3,456	67	72,360	14,472
17	18,360	3,672	68	73,440	14,688
18	19,440	3,888	69	74,520	14,904
19	20,520	4,104	70	75,600	15,120
20	21,600	4,320	71	76,680	15,336
21	22,680	4,536	72	77,760	15,552
22	23,760	4,752	73	78,840	15,768
23	24,840	4,968	74	79,920	15,984
24	25,920	5,184	75	81,000	16,200
25	27,000	5,400	76	82,080	16,416
26	28,080	5,616	77	83,160	16,632
27	29,160	5,832	78	84,240	16,848
28	30,240	6,048	79	85,320	17,064
29	31,320	6,264	80	86,400	17,280
30	32,400	6,480	81	87,480	17,496
31	33,480	6,696	82	88,560	17,712
32	34,560	6,912	83	89,640	17,928
33	35,640	7,128	84	90,720	18,144
34	36,720	7,344	85	91,800	18,360
35	37,800	7,560	86	92,880	18,576
36	38,880	7,776	87	93,960	18,792
37	39,960	7,992	88	95,040	19,008
38	41,040	8,208	89	96,120	19,224
39	42,120	8,424	90	97,200	19,440
40	43,200	8,640	91	98,280	19,656
41	44,280	8,856	92	99,360	19,872
42	45,360	9,072	93	100,440	20,088
43	46,440	9,288	94	101,520	20,304
44	47,520	9,504	95	102,600	20,520
45	48,600	9,720	96	103,680	20,736
46	49,680	9,936	97	104,760	20,952
47	50,760	10,152	98	105,840	21,168
48	51,840	10,368	99	106,920	21,384
49	52,920	10,584	100	108,000	21,600
50	54,000	10,800			

\* Cantidad necesaria de ácido sulfúrico: 500 ml. Volumen final de cada solución: 180 litros.

## ANEXO 4

TABLA PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE PENTACLOROFENATO DE SODIO QUE SE REQUIERE  
 PARA TRATAR UN DETERMINADO CAUDAL DE AGUA A LA PROPORCION  
 DE 5 PARTES POR MILLON, DURANTE 24 HORAS

Caudal (litros por seg.)	Pentaclorofenato de sodio (Kg.)	Caudal (litros por seg.)	Pentaclorofenato de sodio (Kg.)
0,50	0,216	51	22,032
1	0,432	52	22,464
2	0,864	53	22,896
3	1,296	54	23,328
4	1,728	55	23,760
5	2,160	56	24,192
6	2,592	57	24,624
7	3,024	58	25,056
8	3,456	59	25,488
9	3,888	60	25,920
10	4,320	61	26,352
11	4,752	62	26,784
12	5,184	63	27,216
13	5,616	64	27,648
14	6,048	65	28,080
15	6,480	66	28,512
16	6,912	67	28,944
17	7,344	68	29,376
18	7,776	69	29,808
19	8,208	70	30,240
20	8,640	71	30,672
21	9,072	72	31,104
22	9,504	73	31,536
23	9,936	74	31,968
24	10,368	75	32,400
25	10,800	76	32,832
26	11,232	77	33,264
27	11,664	78	33,696
28	12,096	79	34,128
29	12,528	80	34,560
30	12,960	81	34,992
31	13,392	82	35,424
32	13,824	83	35,856
33	14,256	84	36,288
34	14,688	85	36,720
35	15,120	86	37,152
36	15,552	87	37,584
37	15,984	88	38,016
38	16,416	89	38,448
39	16,848	90	38,880
40	17,280	91	39,312
41	17,712	92	39,744
42	18,144	93	40,176
43	18,576	94	40,608
44	19,008	95	41,040
45	19,440	96	41,472
46	19,872	97	41,904
47	20,304	98	42,336
48	20,736	99	42,768
49	21,168	100	43,200
50	21,600		