

English version
Bull. WHO 18(5-6): 1011-1035, 1958

LAS RELACIONES ENTRE LA INGENIERIA HIDRAULICA Y LA BILHARZIASIS*

ING. JOSEPH N. LANOIX, C.E., M.S.S.E.

División de Saneamiento del Medio, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza

“La aplicación o desarrollo de sistemas de riego, así como el cambio del riego de cuenca al permanente, ha tenido siempre por resultado un aumento considerable de la incidencia y la intensidad de la bilharziasis allí donde existía la infección o cuando los trabajadores forasteros la introdujeron. La gravedad de la infección puede llegar a ser tal que motive el abandono de un sistema de riego, establecido tras gastos considerables”. El Grupo Mixto OIHP/OMS de Estudios sobre la Bilharziasis en Africa, † hizo esta enérgica declaración en su primer informe (1), al poner de relieve las relaciones entre los sistemas de riego y la difusión de la bilharziasis. En enero de 1950, el Consejo Ejecutivo de la OMS, en su quinta reunión, adoptó la siguiente resolución (2):

“Considerando que la creación de sistemas de riego en las zonas en que existe bilharziasis puede constituir un peligro para la salud, a menos que se tomen las debidas precauciones sanitarias en todas las fases del establecimiento de tales sistemas,

PIDE al Director General:

a) que señale este peligro a los gobiernos, a las instituciones competentes y a los organismos especializados de las Naciones Unidas interesados en las cuestiones de riego, juntamente con las medidas de precaución recomendadas por el Grupo Mixto OIHP/OMS de estudios sobre la Esquistosomiasis en Africa, y

b) que tome las medidas oportunas para facilitar a dichos gobiernos y organizaciones el asesoramiento técnico que puedan necesitar.”

Es evidente que, tres años más tarde, no se había prestado la debida atención a esta

* Publicado en inglés en el *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 18, No. 5-6, 1958.

† Denominado antes Grupo Mixto OIHP/OMS de Estudios sobre la Esquistosomiasis Africana.

advertencia, como lo hizo observar el Comité de Expertos de la OMS en Bilharziasis, que declaró, en su primer informe (3):

“A pesar de la advertencia formulada por la OMS a todos los gobiernos y organismos gubernamentales afectados, sobre el riesgo de introducir o aumentar la bilharziasis o su intensidad, como resultado de los sistemas de riego, es evidente que la colaboración entre los servicios de salud pública y las autoridades encargadas de dichos sistemas no se ha establecido en muchas áreas, o no ha sido tan estrecha como es necesario”.

El Comité recomendó también, entre otras providencias destinadas a mejorar la eficacia de las medidas de control de caracoles, que se aplicaran las siguientes: avenamiento, riego, desmonte, prácticas agrícolas y saneamiento del medio.

En atención a los ingenieros que lean este artículo, recordemos brevemente que la bilharziasis (esquistosomiasis) es una enfermedad debilitante de considerable significación económica para más de cien millones de personas en todo el mundo. Los huevos de *Schistosoma* se hallan en las heces y en la orina de las personas infectadas y contaminan el agua. El embrión (*miracidium*) que sale del huevo puede vivir independientemente unas 48 horas y necesita para su desarrollo ulterior entrar en un caracol de agua dulce. Tras un período de unas seis semanas, los gusanos “cercarias” (de unos 0,3 mm. de longitud) emergen del caracol convertidos en organismos que nadan libremente en el agua y que atacan al hombre que entra en contacto con ella, (penetran por la piel, aunque no tenga heridas), causando así una nueva infestación.

A pesar de la importancia de la relación entre la ingeniería hidráulica y las prácticas agrícolas, y a pesar de la difusión de la bil-

harziasis, muy poco se ha hecho en el pasado sobre el particular por las autoridades de salud pública o por las de obras pública de la mayoría de los países afectados. En realidad, muy poco se conocen los diversos aspectos de la ecología de los caracoles y los efectos de los factores del riego sobre el crecimiento, sobrevivencia y multiplicación de los caracoles transmisores de enfermedades. Por otro lado, los ingenieros hidráulicos no están entrenados, en general, en los aspectos sanitarios de los sistemas de riego ni los toman en cuenta, a pesar de que su propósito es contribuir al bienestar y a mejorar el nivel económico del conjunto de la población.

Es sabido que en muchos países, por ejemplo Estados Unidos y la India, donde la ingeniería hidráulica está muy avanzada, la bilharziasis nunca constituyó un problema grave, aunque el prurito de los nadadores (causado por *S. cercariae*) y la malaria sean a veces motivo de preocupación. En tales circunstancias, los ingenieros han prestado mayor atención al régimen de las aguas y tierras, en especial a la eliminación del exceso de agua y a los desagües.

En otros países empeñados en elevar la producción de alimentos mediante el riego de tierras nuevas, adquieren gran importancia la bilharziasis y una serie de otras enfermedades transmisibles. Así ocurre en muchas partes de Africa, en el Medio Oriente y el Pacífico Occidental. En una comunicación personal a la OMS, D. M. Blair llamó recientemente la atención a la siguiente declaración, contenida en el informe anual correspondiente a 1953, del Departamento de Salud Pública de Rhodesia Meridional (4):

“A pesar del asesoramiento del Departamento de Salud Pública, se planean y ejecutan los sistemas de riego sin prestar la debida atención a sus aspectos sanitarios. No hay duda de que todas las zonas de regadío de la Colonia quedarán infectadas por la bilharziasis, a menos que, desde el principio, se prevea el peligro y se adopten planes adecuados de prevención. Se ha declarado antes, y hay que volver a declarar ahora, que los

sistemas de riego en gran escala pueden destruir la salud del país y llevar los planes más grandiosos a un lamentable desenlace. Mucha gente sólo ve las ventajas económicas del riego y se niega a reconocer las grandes desventajas que implican si no se adoptan desde el principio las precauciones apropiadas”.

Este documento indica también que uno de los primeros sistemas de riego establecidos en dicho país después de la Segunda Guerra Mundial ha sido un completo fracaso y se halla abandonado en gran parte porque no se tuvieron en cuenta la malaria y la bilharziasis.

Khalin (5) proporciona un ejemplo impresionante de una situación parecida en relación con el sistema de riego permanente de cuatro áreas de las provincias egipcias de Quena y Asuán. Los ingenieros hidráulicos negaron durante cierto tiempo la relación entre el riego y determinadas enfermedades, hasta que se hizo un estudio cuidadoso tres años después de establecerse el riego, y se llegó a conclusiones innegables. Se constató el siguiente aumento de prevalencia de la bilharziasis:

	Porcentaje de población infectada	
	1934	1937
Sibaia.....	10	44
Kilh.....	7	50
Mansuria.....	11	64
Binban.....	2	75

El autor señala también que, “desde la construcción de la presa de Asuán y el comienzo del riego permanente en la mayoría de las provincias de Egipto, se difundió la bilharziasis y se perjudicaron la salud y el estado mental de los habitantes”.

La importancia del riego en la difusión de esta enfermedad ha sido puesta también de relieve por otros expertos. Mozley (6) considera que el riego “tal vez sea el rasgo más amenazador de la propagación de la bilharziasis” en Africa. Scott, citado por Abdel Azim (7), quedó “impresionado por el hecho de que allí donde la esquistosomiasis constituye un problema primordial, está relacio-

nada con el riego y con otros aspectos del medio creado por el hombre”, y agregó que, “en Venezuela y en lugares del Brasil que he visitado, estoy seguro de que este medio puede convertirse en desfavorable para los caracoles, sin incurrir en grandes gastos y sin menoscabo de la utilidad de los recursos hidráulicos”.

Watson (8), como Blair, expresó su preocupación ante la invasión por la bilharziasis de tierras vírgenes, al escribir, refiriéndose al Irak:

“Los nuevos y vastos sistemas de riego planeados y en algunos casos, ya en construcción (noviembre de 1950), intensificarán inevitablemente la gravedad y la extensión de los problemas de la bilharziasis en el Irak. La enorme superficie de tierra yerma y potencialmente fértil que se pondrá así bajo cultivo en las provincias centrales y meridionales, se convertirá en regiones de bilharziasis endémica, a menos que se adopten las medidas apropiadas para impedir la diseminación de los caracoles en los nuevos sistemas de riego y para eliminarlos rápidamente allí donde aparezcan”.

La propagación de esta enfermedad se ha relacionado también con los sistemas de riego en Argelia, China, Japón y, en menor grado, en las Filipinas, aunque los moluscos huéspedes intermedios no son siempre los mismos en todos los países.

Los epidemiólogos y otras autoridades sanitarias consideran los sistemas de riego como medios de difusión del agente de otras enfermedades humanas, como los de las infecciones bacterianas disintéricas, de las diarreas, de la dermatitis cercárica, al *dracunculus medinensis*, la poliomielitis y, posiblemente, la histoplasmosis. Los animales pueden ser víctimas también de enfermedades como la fascioliasis. Los sistemas de riego constituyen medios apropiados de cría de algunos peligrosos insectos vectores de enfermedades, tales como ciertas especies de *Anopheles*—vectoras de la malaria—, los vectores del dengue, de la filariasis y la encefalitis.

LOS PRINCIPALES ASPECTOS DE LA INGENIERIA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

De lo dicho anteriormente se deduce que las autoridades sanitarias, y los malacólogos en especial, han señalado en varios casos al supuesto culpable, o sea el ingeniero hidráulico, al mismo tiempo que reconocen los méritos de su labor. Antes de continuar examinando los aspectos sanitarios del problema, puede resultar interesante tratar de comprender los problemas y las dificultades del ingeniero.

Ante todo y sobre todo, el ingeniero hidráulico se propone llevar agua a las tierras yermas con el fin de convertirlas en productivas, y ello al menor costo posible. Para ello, diseña sus estructuras y procura proteger el precioso líquido, en cada etapa del proceso de su transporte, con el fin de proporcionar a la tierra y a las cosechas la cantidad de agua necesaria para un cultivo eficiente. Tiene luego que preocuparse de eliminar el exceso de agua y a veces de bajar el nivel del suelo para evitar el estancamiento de las aguas e impedir que la capa superficial del suelo se impregne de sales perjudiciales.

Para esto se vale de los siguientes procedimientos:

1. *Obras de desviación*, que lo mismo pueden consistir en una sencilla bocanoma en una corriente natural, que en una complicada estructura con presas y compuertas de toma y desagüe, sistemas de regulación, y toda clase de elementos necesarios para convertir parte de una cuenca o valle en un embalse.

2. *Estaciones de bombeo*, para extraer agua subterránea con destino al riego o para elevar su nivel y aumentar el de riego.

3. *Acequias* de transporte del agua desde la toma a los surcos. Estas pueden ser canales, (revestidos o no), zanjás, cañerías, túneles, así como elementos auxiliares, tales como compuertas, canalillos, pasaderas, estanques, etc.

4. *Sistemas de distribución*, que comprenden acequias laterales y zanjás, para llevar el agua desde el canal principal a cada parcela.

5. *Obras de avenamiento*, que comprenden zanjas, desagües de teja y estaciones de bombeo.

6. *Diques* para impedir la entrada de agua exterior a las tierras regadas que están expuestas a inundaciones o desbordamientos.

El estudio y cuidado de estas obras, junto con el estudio de sus aspectos jurídicos y económicos, preocupan tanto a los ingenieros hidráulicos que se muestran inclinados a prestar poca atención a los aspectos sanitarios de su trabajo. Esta afirmación tal vez sea exagerada, pero es un hecho que, en muchos países en los cuales el agua de riego está relacionada, directa o indirectamente, con la transmisión de enfermedades, existe una colaboración muy precaria, si es que existe alguna, entre las autoridades sanitarias y los organismos de obras públicas y riegos.

No es posible examinar en este artículo las características de ingeniería de las obras indicadas, ni analizar en detalle su posible relación con los factores de la transmisión de la bilharziasis. Sin embargo, a modo de ejemplo, nos proponemos examinar el diseño y funcionamiento de las acequias abiertas, principalmente de las laterales, donde muy a menudo crecen y se multiplican los moluscos que son los huéspedes intermedios de la bilharziasis.

ELEMENTOS PRINCIPALES DEL DISEÑO DE LOS CANALES DE RIEGO

Velocidad

La velocidad con que circula el agua depende de la inclinación de forma y dimensiones del canal, de la rugosidad de su perímetro y de la viscosidad y densidad del agua. Los canales de riego están diseñados de modo que el agua tenga la mayor velocidad que se pueda mantener sin causar erosión y teniendo en cuenta el área de tierra que debe regarse. Esta es la velocidad más económica, pues en la práctica permite canales de menor sección y un costo mínimo de construcción, a la vez

que aminora la acumulación de sedimentos. Pocos materiales naturales soportan una velocidad superior a 5 pies (1,5 m.) por segundo, mientras que los canales con revestimiento pueden permitir velocidades de hasta 10-12 pies (3,1 a 3,7 m.) por segundo, según la naturaleza del material empleado en el revestimiento.

Estas cifras se refieren a la velocidad media en un canal. Hay que tener en cuenta, no obstante, que la velocidad efectiva varía al través del prisma de agua de acuerdo con las condiciones de la corriente. La velocidad media es, generalmente, 0,9 de la máxima y tiene lugar aproximadamente a 0,577 d de la superficie, siendo d la profundidad del agua en el canal. La velocidad en el fondo del canal tal vez alcance por término medio la mitad de la máxima. De igual modo, la velocidad junto a las márgenes es mucho menor que la del centro de la corriente.

La vegetación acuática reduce todavía más la velocidad en las márgenes y en el fondo. Los malacólogos han señalado a menudo que los caracoles no se multiplican en los canales de corriente rápida, y creen que la velocidad del agua es uno de los factores de ello. Por otra parte, es probable que se formen colonias de moluscos cuando la corriente es más lenta o las márgenes y pendientes del borde del canal están cubiertos de vegetación.

Otro factor que contribuye a mermar la velocidad para la cual se ha diseñado el canal son los desagües de volumen diferente y en distintos puntos a lo largo del canal. Puede suceder también que se estanque agua en el canal cuando no se necesita para las cosechas. Desde luego, si el sistema de riego se ha planeado y ejecutado correctamente con la participación real de las autoridades agrícolas locales, es poco probable que se presenten estas situaciones, y el ingeniero puede diseñar cada parte del canal de acuerdo con las alturas máxima y mínima previstas de la corriente, así como de acuerdo con una velocidad mínima dada. Es difícil prever, sin

embargo, todas las contingencias a que el agricultor haya de hacer frente en el futuro y que pueden influir en la corriente mucho después que el ingeniero hidráulico haya construido el canal.

Al trazar sus planes, el ingeniero se encuentra a menudo con la presión de diversos grupos—autoridades agrícolas, propietarios, etc.—, para que disminuya la inclinación de los canales principales y laterales, con el fin de regar la mayor superficie posible. Si cede a estas presiones, para transportar el caudal necesario, se ve obligado a reducir su velocidad y a aumentar la sección transversal del canal, en detrimento de la construcción más económica.

El ingeniero preguntará sin duda, en este punto, cuál es la velocidad mínima que impide el establecimiento de caracoles en los canales.

En la actualidad, se desconoce la respuesta completa a esta pregunta, más compleja de lo que parece.

La sedimentación es perjudicial, tanto si el canal está revestido como si no lo está, porque aminora la sección transversal del canal, e incluso en los canales revestidos crea las condiciones propicias al crecimiento de plantas acuáticas que sirven de refugio a los caracoles. Por otro lado, el ingeniero ha de tener también en cuenta el hecho de que la acción erosiva del agua en las márgenes de tierra disminuye si contiene materiales en suspensión. Es necesario que el ingeniero elija una velocidad que no permita la formación de sedimentos pero que no cause erosión en las márgenes del canal. Los materiales arrastrados por las aguas de riego varían según las estaciones, y su naturaleza (abrasiva o coloidal) depende de muchos factores. Muchos investigadores han intentado determinar, para canales con márgenes de tierra, qué velocidades del agua no socavan ni dejan exceso de sedimentación. Fortier y Scobey (9) recomiendan las siguientes velocidades cuando se trata de canales excavados en distintos suelos:

Material excavado	Velocidad (pies por segundo) después de la emulsión, en canales que llevan:		
	agua clara (sin detritus)	agua con sedimentos coloidales	agua con sedimento no coloidal, arena o grava
Arena fina, no coloidal	1.50	2.50	1.50
Limo arenoso, no coloidal	1.75	2.50	2.00
Limo sedimentado, no coloidal	2.00	3.00	2.00
Sedimentos de aluvión, no coloidales	2.00	3.50	2.00
Tierra firme ordinaria	2.50	3.50	2.25
Cenizas volcánicas	2.50	3.50	2.00
Grava fina	2.50	5.00	3.75
Arcilla de consistencia media, muy coloidal	3.75	5.00	3.00
Mezcla desde limo a guijarros, no coloidal	3.75	5.00	5.00
Sedimentos de aluvión, coloidales	3.75	5.00	3.00
Mezcla desde fango a guijarros, coloidal	4.00	5.50	5.00
Grava gruesa, no coloidal	4.00	6.00	6.50
Guijarros y cascajo	5.00	5.50	6.50
Pizarra y toba	6.00	6.00	5.00

Por su parte, Kennedy (10) da la siguiente fórmula para la determinación de una velocidad que ni socave ni deje sedimentos: $V_0 = Cd^{0.64}$, siendo d la profundidad del canal en pies, y C un coeficiente cuyo valor depende de la finura de las partículas del suelo. Refiriéndose al sedimento arenoso del Punjab, Kennedy sugiere un valor de 0,84 para C . Para los suelos extremadamente finos de Egipto, se ha hallado un valor de 0,56. Para los sedimentos gruesos, C puede ascender a 1,0. Se han propuesto otras diversas fórmulas, pero no se vislumbra aún la solución definitiva de este importante problema. Actualmente, se considera que se obtiene un diseño apropiado si la velocidad máxima se ajusta a la tabla de Fortier y Scobey, y la mínima a la fórmula de Kennedy, tratándose de agua fangosa.

Forma y profundidad de los canales

Es conveniente que la parte mojada de la superficie de un canal sea lo menor posible, pues ofrece resistencia, por fricción, a la corriente. Los canales, especialmente los de tierra, son de sección trapezoidal. Los lados de la sección más eficiente tienen una inclinación de 60 grados con respecto a la base, pero esta inclinación es generalmente demasiado pronunciada para canales de tierra. Por otra parte, la sección transversal más económica, en condiciones favorables de estructura, es, según Israelsen (11), la siguiente:

$$b = 2d \tan \frac{\theta}{2}$$

siendo b la anchura del lecho, d la profundidad del canal (revestido o no) y θ el ángulo de la inclinación de los lados con la horizontal.

También pueden diseñarse canales con una sección transversal rectangular, en cuyo caso la sección preferible tiene una profundidad igual a la mitad de la anchura. En cada fase del diseño del canal, el ingeniero trata de encontrar la sección transversal que tenga mejores forma y propiedad desde el punto de vista hidráulico y cuya construcción resulte más económica. Los lados del canal de tierra se construyen, normalmente, con inclinación tan pronunciada como lo permita la tierra mojada. La inclinación de los lados varía de 3 horizontal y 1 vertical a 1 horizontal y 1 vertical, para los materiales muy estables.

La profundidad del agua no es, en general, un elemento esencial en el diseño de canales de riego. Sin embargo, en los canales de tierra anchos, es necesario limitar la profundidad, con el fin de proteger los terraplenes altos contra la presión del agua y reducir los peligros de deslaves. Por ello se evitan, en general, las profundidades superiores a 10 pies (3 m.).

Desde el punto de vista del control de los caracoles, sería conveniente que los canales tuvieran márgenes verticales y la mayor profundidad posible. Con ello se disminuye la vegetación, tanto del fondo como de las már-

genes, y se atenúa la penetración de la luz. Un canal con los lados verticales ha de tener, desde luego, revestimiento, y esto implica mayores gastos y un diseño completamente distinto. Así pues, los puntos de vista del ingeniero y del malacólogo son a veces divergentes. ¿Se justificarían acaso, desde el punto de vista del ingeniero, modificaciones tan radicales de su diseño con el fin de controlar los caracoles y la bilharziasis y, acaso, otras enfermedades? Otra pregunta cuya respuesta interesa al ingeniero es la siguiente: ¿qué combinación de profundidad y turbiedad del agua impide la vegetación acuática del tipo preferido por los caracoles?

Pérdidas de conducción y revestimiento de canales

Son inevitables las pérdidas de agua en todas las formas de conducción más comunes; pueden deberse a filtraciones, a la evaporación, transpiración y escapes.

En Estados Unidos se ha calculado que "de toda el agua desviada para riegos se pierde entre un tercio y la mitad antes de llegar a los campos" (12). Las pérdidas mayores se deben a filtraciones en los canales de tierra sin revestir. Las pérdidas motivadas por la evaporación y la transpiración son en gran parte inevitables en condiciones normales de funcionamiento; las que se deben a escapes, dependen del estado de las obras de riego. Las pérdidas por filtración en canales sin revestimiento, no obstante, disminuyen por lo general al aumentar la edad del canal, en especial si el agua arrastra materiales en suspensión.

Estas pérdidas de conducción tienen gran importancia para el ingeniero, que se esfuerza todo lo posible en aminorarlas. La manera más sencilla y eficaz de lograrlo consiste en revestir los canales, procedimiento gracias al cual se ahorran a la vez agua y terreno. Más adelante examinaremos los métodos de revestimiento y su economía. Señalemos el hecho alentador e importante de que los malacólogos y los ingenieros hidráulicos están de acuerdo en destacar los

efectos beneficiosos del revestimiento de los canales. En mayor o menor grado, según el tipo de revestimiento, el malacólogo espera menos plantas acuáticas, mayor velocidad del agua, menor sección transversal del canal y descenso del plancton y de materias en descomposición que sirven de alimento a los caracoles; todo ello es desfavorable al desarrollo y multiplicación de los caracoles.

LOS SISTEMAS DE RIEGO CONSIDERADOS COMO
HABITAT DE LOS CARACOLES PORTADORES
DE ENFERMEDADES

Los sistemas de riego

Los sistemas de riego, desde la bocatoma y embalses hasta los surcos de los campos, ofrecen incontables lugares propicios al crecimiento y multiplicación de diversos tipos de caracoles. Barlow (13) afirma que, en Egipto, el habitat óptimo del *Planorbis boissyi* y del *Bulinus truncatus* es el agua bastante clara, con alguna corriente, aunque ni demasiado profunda ni rápida, lecho de plantas, sol y sombra, buenos lugares para la puesta de huevos, pocos enemigos naturales y estabilidad de estas condiciones. El *Bulinus* se encontró también en el fondo de canales de riego, adherido a la cizaña, pues necesita mucho oxígeno.

Watson (8) encontró en Irak que el habitat del *Bulinus truncatus* en sistemas de riego consiste en aguas estancadas o de lento movimiento más o menos permanentes, junto con cierto grado de contaminación, especialmente por desechos humanos. Encontró también que las plantas acuáticas y el fango abundante en materias en descomposición son características habituales, aunque no esenciales, de su habitat, y que la vegetación en descomposición y las algas unicelulares sirven al caracol de alimento. Entre los demás caracoles portadores de enfermedades que se crían en canales y presas de riego se hallan el *Biomphalaria pfeifferi* (en lugares pantanosos y en las márgenes de canales con vegetación), el *Bulinus (Physopsis) globosus* (en las orillas pantanosas de depósitos, y en

arrozales y acequias), el *Oncomelania nosophora* (en canales de riego del Japón y China), y el *Australorbis glabratus* (en bañales abiertos del Brasil).

Debe indicarse que ciertas partes de un sistema de riego pueden ser más apropiadas que otras para el desarrollo de caracoles. Mozley (14) estudió con cierto detalle estas condiciones, en relación con la superficie con estanques (o depósitos), lugares situados por debajo de los muros de las presas, canales principales de tierra, canales secundarios y terciarios de tierra, canales pequeños, campos y jardines, charcas residuales, etc. Señaló, en particular, que los canales anchos rara vez ofrecen un habitat apropiado para los caracoles, debido a la rápida y continua corriente del agua. Por otro lado, los canales secundarios y terciarios son a menudo lugares muy peligrosos de infección por *Schistosoma*. El mismo fenómeno ha sido observado por otros varios investigadores, que también encontraron que los canales revestidos de cemento, de piedra o ladrillo resultan en general inapropiados para la cría de caracoles, excepto allí donde los sedimentos permiten el crecimiento de plantas acuáticas.

En los canales no revestidos, los caracoles pueden enterrarse o encallarse en el lodo del fondo, donde sobreviven por espacio de varios meses, cuando se suspende el riego y se secan los canales. Esto es especialmente cierto en las áreas de riego donde el nivel del agua telúrica es bastante alto para mantener húmeda y fría la capa de tierra del fondo de los canales. Los fondos de arcilla, sin embargo, no parecen favorables a ciertos tipos de caracoles. En canales revestidos con cemento o materiales similares, los caracoles no pueden perforar el revestimiento, y la desecación del canal y el calor del sol matan los caracoles y sus huevos. Estos hechos son muy interesantes para los ingenieros hidráulicos y sanitarios, que ven en ellos el importante papel desempeñado en la multiplicación y sobrevivencia de los caracoles por la velocidad del agua y la dureza del revestimiento del canal.

Las presas de embalse parecen ofrecer condiciones ambientales favorables a ciertos caracoles y no a otros. Un ejemplo característico de esto lo hallamos en la presa de Sennar, en el Sudán. En ella, es muy común el *Bulinus* y no hay *Planorbis*, mientras que, en cambio, en los canales abastecidos por la presa, se encuentran juntas ambas especies. Se ha observado también que el cambio de nivel del agua de las presas de embalse construidas a menudo con fines del control de mosquitos, ejercen un efecto claro en la supervivencia de los caracoles y de sus huevos. La vegetación en estado de putrefacción en dichas presas, y las plantas acuáticas a lo largo de los bordes, proporcionan alimento a ciertas especies de caracoles, al mismo tiempo que las irregularidades del contorno tal vez les ofrezcan protección contra el viento, contra las olas y las corrientes. En ciertas estaciones, la contaminación de las capas superiores del agua por los productos de la putrefacción vegetal y la presencia de placton pueden ser más pronunciadas que en otras, debido a las corrientes provocadas por cambios de temperatura de la superficie. En las presas de embalse, los caracoles portadores de esquistosomas de los géneros *Biomphalaria* y *Bulinus*, así como los caracoles de los géneros *Lymnaea* y *Physella*, causantes de la dermatitis esquistosomíatica, pueden encontrarse en las presas de embalse, además de diversas especies de caracoles inofensivos.

Algunos investigadores han hecho también observaciones sobre el modo cómo los caracoles penetran en el sistema de riego. A veces, la entrada se hace por agua que viene de corrientes infestadas, en cuyo caso los caracoles se ven arrastrados hacia el sistema de riego, ya sea en la corriente, ya sobre restos flotantes o vegetación, especialmente en épocas de inundaciones. Lo mismo ocurre cuando se toma agua de la parte alta de las presas. F. G. Marill (15) observó en Africa del Norte que los caracoles pueden penetrar por las aberturas de las tomas de agua, situadas muy por debajo de la superficie de

las presas. Incluso, en un caso, encontró caracoles en obras de riego alimentadas por aguas infestadas que pasaban por bombas de turbina, que funcionaban a 600-800 revoluciones por minuto. Sin embargo, en este caso no pudo comprobar si los caracoles que pasaban vivos por la turbina eran ya adultos o estaban todavía en fase de huevo.

Al ingeniero puede interesarle saber que la longitud de los caracoles portadores de esquistosomas no excede de 2,5 cm. y que, por lo general, es de 1,0 a 1,5 cm. Su "anchura" es por lo común de 0,4 a 1,2 cm. Estas dimensiones ponen de manifiesto lo baladí de las rejillas como medio de impedir la entrada de los caracoles en los canales de riego.

Las tajeas y pasaderas mal diseñadas y construidas y los charcos que se forman en el fondo de los canales de tierra o de las zanjas de canteras son en ciertas condiciones lugares expuestos a la infección de *Schistosoma*. En las regiones áridas, los nómadas y la población vecina de los alrededores pueden utilizar el agua de dichos lugares, por escasez de otras fuentes apropiadas de agua potable, para usos domésticos.

Influencia de la calidad del agua

En general, el agua buena para el riego es también buena para el desarrollo de los caracoles. El ingeniero hidráulico se preocupa primordialmente, en lo relativo al agua, de la cantidad de sales que lleva disueltas. Las sales más importantes son los bicarbonatos, los sulfatos y cloruros de calcio, de magnesio o de sodio. La concentración total de las sales disueltas en el agua empleada para el riego es, por lo general, de 100 a 1.500 partes por millón (p.p.m.). A veces se usa para cultivo de plantas más tolerantes agua con mayor contenido de sales. Entre otros cuerpos disueltos de menor importancia figuran el boro, silicato, nitrito, sulfuro, fosfato, hierro, aluminio, amoníaco, ion hidrógeno determinado por el pH y materia orgánica. Estos cuerpos se hallan por lo general en bajas concentraciones en las aguas naturales y, con excepción del boro, no tienen gran impor-

tancia en relación con el suelo o las plantas (16).

La presencia de las sales de calcio y de nitrito, sulfuro y amoníaco puede, sin embargo, ser de gran significación desde el punto de vista del malacólogo, puesto que los caracoles necesitan calcio para el desarrollo de su caparazón y medran en aguas contaminadas con cantidades moderadas—pero no excesivas—, de productos intermedios de descomposición. Se ha observado en Irak y en Rhodesia Meridional que los lugares más propicios a la infección por cercarias y los habitats más apropiados para colonias de caracoles, son aquellas partes de los canales de riego situadas a unos centenares de metros de aldeas y poblados y que están contaminados por heces humanas y otros desperdicios. El empleo para el riego de aguas servidas urbanas, aunque aconsejable en ciertas condiciones, podría conducir a la formación de un medio apropiado para el desarrollo de los caracoles.

La concentración total de sales en el agua de riego parece favorecer la supervivencia de los caracoles. Este aspecto, al que los malacólogos han prestado poca atención, fue estudiado por Watson (8) en Irak, en relación con el *Bulinus* portador de esquistosomas. Este autor encontró que “la salinidad máxima que ha sido correlacionada con la presencia de *Bulinus* en aguas naturales del Irak es 1.010 p.p.m.”, aunque en el laboratorio este caracol sobrevivió en agua que contenía 1.500 p.p.m. y puede soportar salinidades todavía más altas “si tiene lugar una aclimatación gradual”. Sin embargo, señaló también este autor que una concentración de 4.000 p.p.m. sería instantáneamente fatal para el caracol. Precisa realizar nuevas investigaciones para conocer el efecto de la salinidad en otros caracoles vectores en diversas condiciones ambientales. El ingeniero de riegos y el agricultor considerarán inapropiada para la agricultura el agua que contenga más de 2.100 p.p.m. de sales disueltas. Igualmente será inapropiada el agua que posea una conductividad eléctrica su-

perior a 3.000 microhmios por centímetro y un porcentaje de sodio de más de 80.

Otro factor de ostensible significación para los caracoles es la acidez del agua. Los datos de que se dispone indican que aquéllos prefieren un agua ligeramente alcalina, de un pH superior a 7,3, condición que, en general, se encuentra en el agua natural, especialmente en las regiones áridas. Este punto debe ser también estudiado con mayor detalle, aunque tal vez no interese directamente al especialista en riegos. Merece la pena señalar que Deschiens y algunos otros investigadores han prestado recientemente gran atención a la influencia de la calidad del agua en el crecimiento y supervivencia de los caracoles (17, 18).

La vegetación en los canales de riego

El crecimiento de plantas acuáticas presenta un problema grave a cuantos se ocupan de los sistemas de riego. En ciertos casos graves, se le puede achacar el bajo rendimiento o la baja calidad de las cosechas, puesto que esta vegetación interfiere, directa o indirectamente, con la llegada del agua. La vegetación acuática merma la capacidad de los canales, impide la regulación de la corriente, obstruyen el avenamiento y los canales, y disminuyen la velocidad de la corriente, con lo cual se favorece la sedimentación. Además, son causa de un considerable aumento de las pérdidas de agua por filtración o transpiración. Sus efectos se agravan en la estación cálida, cuando el agua de riego es más necesaria para la agricultura.

Al igual que el agricultor y el ingeniero hidráulico, el malacólogo está vitalmente interesado en eliminar la vegetación acuática dondequiera que se halla la bilharziasis “de riego”. Como dijo ya, las plantas acuáticas ayudan a crear el medio propicio a los caracoles portadores de la enfermedad, así como a proporcionarles refugio y parte del oxígeno que necesitan. La vegetación acuática puede ser flotante, sumergida y emergente. Las especies de estas plantas varían según los

países y las zonas. Más adelante se indicarán brevemente los métodos de su control.

LA FUNCION DEL INGENIERO EN EL CONTROL DE LA BILHARZIASIS

En parte alguna, como se dijo ya, ha habido, hasta ahora, gran colaboración entre los servicios de control de la bilharziasis dependiente del ministerio de salud pública y los servicios de riego, dependientes por lo general del ministerio de obras públicas. En los países en donde la bilharziasis es endémica, esto tiene por consecuencias que los primeros se encuentren regularmente frente a un importante problema y en la necesidad de invertir considerables fondos públicos en medidas transitorias y recurrentes de control mediante el empleo de agentes químicos. El control resultaría, a la larga, mucho más fácil y económico si se estableciera entre todos los servicios oficiales interesados una colaboración real y activa en la fase de planeamiento de los sistemas de riego.

Un medio evidente de establecer esta colaboración sería que los servicios de salud pública contaran con ingenieros entre el personal de sus unidades de control de la bilharziasis. En varios países donde esta enfermedad constituye un grave problema de salud pública y la ingeniería ejerce una función importante en el planeamiento y ejecución de las medidas de control, es sorprendente que no se hayan incorporado ingenieros a los equipos de control de la bilharziasis. Sería fácil dar cursillos a los ingenieros civiles e hidráulicos, así como adiestramiento en el servicio, sobre control de la bilharziasis en unidades de control de esta enfermedad, con el fin de prepararlos para desempeñar sus funciones. Los ingenieros sanitarios, cuya formación profesional es fundamentalmente la de ingenieros civiles, serían de gran utilidad si formaran parte de las unidades de control de la bilharziasis. La función de los ingenieros consistiría, primordialmente, en establecer y mantener relaciones técnicas con sus colegas de obras públicas, participar en el planeamiento y diseño, tanto de los siste-

mas de riego (en los servicios de obras públicas), como de los planes de control de la bilharziasis (en los servicios de salud pública), observar la construcción y trazado de los sistemas de riego y, finalmente, ejecutar o supervisar la aplicación de las medidas de control de la bilharziasis y de saneamiento del medio, tanto por medios químicos como por medios propios de la ingeniería.

METODOS DE CONTROL QUE LOS INGENIEROS PUEDEN APLICAR

Después de examinar los aspectos de ingeniería de los sistemas de riego y el papel de éstos como habitat de los caracoles huéspedes intermedios de la enfermedad, deben examinarse ahora los métodos e instrumentos que el ingeniero puede emplear para que el medio del sistema de riego resulte adverso al crecimiento y a la migración de los caracoles. Este estudio, sin embargo, es difícil, pues el tema ha despertado escaso interés hasta ahora, y se han efectuado muy pocas investigaciones de campo—si es que se ha realizado alguna—, para determinar los medios prácticos con que cuenta el ingeniero para evitar la transmisión de la bilharziasis mediante el mejoramiento de los sistemas de riego. La ausencia de un conocimiento completo de la ecología de los caracoles complica todavía más el problema; a causa de esto, las propias autoridades sanitarias no han podido adoptar criterios y reglas precisos para orientar a los ingenieros. Hoy por hoy sólo es posible examinar brevemente algunos de los métodos ya en uso de mejorar y conservar los sistemas de riego y estudiar la viabilidad de su aplicación, acaso modificados, al control de los caracoles vectores de la bilharziasis. El examen que sigue dista de ser completo, pero cabe esperar que, si bien imperfecto, estimulará el activo trabajo experimental y las investigaciones sobre esta materia.

Embalses

a) Limpiar las márgenes y bordes someros de vegetación de todas clases.

b) Limpiar el lecho de la presa, hasta una profundidad apropiada (de ser posible, hasta 6 pies), de toda la vegetación sumergida.

c) Ahondar y enderezar las márgenes someras de las presas (¿hasta qué profundidad?)

d) Variar el nivel del agua. Este método se ha empleado ya en el control de mosquitos. Para el de la bilharziasis, tal vez deban, sin embargo, ser mayores las diferencias de nivel y el intervalo entre las variaciones.

Conservación de canales

a) Limpiar y nivelar canales. En varios países donde la mano de obra es relativamente barata, esta labor se realiza año tras año, para mejorar transitoriamente las propiedades hidráulicas de los canales de tierra y para eliminar las aguas inertes, los remolinos poco profundos y los charcos. Pero esto no impide ni reduce el desarrollo de los caracoles, ni elimina la vegetación acuática, que vuelve a crecer rápidamente y hasta puede obstruir por completo los canales.

b) Enderezar el trazado de los canales, para eliminar curvas innecesarias y aumentar tanto la pendiente como la velocidad de la corriente.

c) Rellenar los canales secundarios que no se usan, las zanjas y tierras bajas cercanas, donde se podría acumular el agua de las filtraciones, formando charcos favorables a la cría de caracoles.

d) Limpiar los canales con chorros de agua, método que a veces se emplea para el control de mosquitos en avenamientos abiertos.

Limpieza de hierbas

a) Medios manuales y mecánicos de destruir las hierbas emergentes (19):

Guadañas, hoces, etc.

Rastrillos

Instrumentos cortantes (de arrastre; de propulsión; en lanchas con cuchillas móviles)

Excavadores (dragas de arrastre y palas con cubos especiales; excavadoras de cucharón; dragas de tipo hélice)

Desecación de canales y quema

b) Medios manuales y mecánicos de evitar la vegetación sumergida (19):

Sierras flexibles acuáticas

Cadenas

Raspadores (utilizados en canales revestidos de argamasa)

Instrumentos cortantes (generalmente con cuchillas en forma de V; pueden ser de arrastre, de

propulsión o montados en lanchas y con cuchillas móviles.

Estos métodos han sido empleados con frecuencia, a veces con gran éxito. Sin embargo, en muchas ocasiones se ha observado que consumen mucho tiempo y que resultan incómodos y caros, aparte de ser ineficaces. Hasta la fecha, acaso el método más económico de que se dispone para combatir las plantas acuáticas es el empleo de productos químicos. De todas maneras, este aspecto del problema no entra en el ámbito del presente trabajo.

Revestimiento de canales

Existen varias clases de revestimiento de canales que, de acuerdo con el material utilizado, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Revestimientos de tierra:
 - Revestimientos finos o gruesos de tierra compacta
 - Bentonita (material del suelo que contiene un gran porcentaje de arcilla de montmorillonita)
 - Estabilización y compactación de suelos arcillosos o granulares
 - Estabilización mediante resinas y por medios químicos
 - Revestimientos de cemento
- b) Revestimientos de asfalto:
 - Cemento asfaltado
 - Membrana de asfalto enterrada
 - Macadán asfáltico
 - Otras clases de revestimiento de asfalto
- c) Revestimientos plásticos
- d) Revestimientos de piedra, mampostería o ladrillo
- e) Revestimientos de cemento a presión
- f) Revestimientos de concreto
 - Reforzado
 - Sin reforzar

Bajo el título "Pérdidas de conducción y revestimiento de canales" se hizo hincapié en las ventajas de los revestimientos para reducir las pérdidas por filtración. Desde el punto de vista del ingeniero, tienen también las siguientes ventajas: aminora las pérdidas

por fricción; aumenta la velocidad; permite menor sección transversal del canal para el mismo caudal; requiere menos y menores estructuras las servidumbres de paso son más angostas, con el consiguiente ahorro de terreno; reducen o eliminan los sedimentos y crecimiento de hierbas; son más fáciles de limpiar y conservar; protegen contra la erosión; simplifican el desagüe, y por último reducen el costo anual total (20).

Para el agricultor, el sistema ofrece las siguientes ventajas: más agua para las cosechas; mayor extensión de tierra de cultivo y protección de los terrenos bajos contra filtraciones e inundaciones.

Por otro lado, el malacólogo y el especialista en salud pública no están tan interesados en el revestimiento del canal por sí como en el tipo de revestimiento que debe emplearse. La mayoría de los revestimientos de asfalto o material plástico necesitan que se les cubra con una capa de tierra. Los revestimientos de tierra, de asfalto y material plástico mejorarán, sin duda, la eficiencia hidráulica del canal, pero no mermarán apreciablemente la vegetación acuática y, además, los caracoles podrán sobrevivir durante meses en el cieno del fondo y en las grietas cuando los canales estén vacíos. Por consiguiente, los mencionados especialistas se interesan principalmente por los revestimientos de superficie dura, entre los cuales los mejores son los de concreto.

En determinadas condiciones y en el caso de ciertas especies de caracoles, el cemento resultó extraordinariamente eficaz. En la zona de Fukuyama, de la Prefectura de Hiroshima, en el Japón, W. H. Wright (21) no logró encontrar *Oncomelania nosophora* en los canales de riego revestidos de cemento, y considera que el empleo de este material en los canales estaba estrechamente relacionado con el descenso de casos de la bilharziasis en los municipios de Mino, Miyuki y Akiya. Asimismo, observó en Santos, Brasil, que el *Australorbis glabratus* se hallaba a veces en cloacas abiertas revestidas de cemento, aunque sólo en reducida proporción y, en la mayoría de los casos, en lugares en

que salía vegetación entre las grietas del cemento y el desnivel de las alcantarillas era bajo (lo cual da lugar a la disminución de la velocidad). Los informes de D. B. McMullen (22) confirman los hallazgos de Wright en el Japón. Sin embargo, F. G. Marill (15) estima, basándose en sus observaciones en Argelia, que el cemento no evita la formación de colonias estables de *Bulinus*. No obstante Watson (8) observó en Irak que los canales revestidos de piedra, ladrillos o cemento rara vez ofrecían un habitat adecuado para el *Bulinus*, salvo que se dejara depositar en ellos cieno y crecer vegetación acuática. De todos modos, se requieren más observaciones sobre este punto con respecto a las distintas especies de moluscos huéspedes intermedios y en distintas condiciones ambientales.

Aunque el costo inicial del revestimiento de cemento es relativamente elevado, el ingeniero lo considera muy conveniente por su larga duración y lo fácil de conservarlo en buen estado. Se calcula que el promedio de vida de un revestimiento de cemento de buena calidad no es menor de 40 años. El empleo de equipo moderno disminuye considerablemente el costo del revestimiento, costo que puede reducirse todavía más si la decisión de utilizar el revestimiento de concreto se adopta al planearse los nuevos proyectos de irrigación.

En las zonas de bilharziasis endémica, sería muy conveniente instalar canales secundarios y terciarios, con revestimientos de superficie dura, allí donde existe el problema de los caracoles. Sin embargo, también puede ser conveniente y más factible limitar el revestimiento a los sectores del canal situados cerca de las poblaciones. Muchas veces no se necesita revestir los canales principales y los canales menores y zanjas de distribución. Respecto a esto el malacólogo y el ingeniero deberían consultarse para adoptar una decisión en cada caso.

Recubrimiento de canales

Si se cubren las acequias de riego, quedan protegidas de la luz del sol y se elimina la

mayoría de las plantas acuáticas, pero no se evita el desarrollo de ciertos hongos acuáticos, bacterias e invertebrados. De todos modos se impediría de manera eficaz la formación de colonias de caracoles. Desde el punto de vista del control de la vegetación esta medida no estaría justificada, pues se dispone de métodos más económicos. Dada la anchura que, por lo general, tienen los canales laterales, se necesitaría para cubrirlos una estructura firme, probablemente reforzada, y cimientos sólidos. El costo de construcción y conservación de este recubrimiento y estructuras que le acompañan (fundamentos, tomas de aire, etc.) aconseja que no se conceda mayor consideración a esta medida.

Tuberías

El empleo de tuberías, especialmente de cemento para la conducción de agua de riego, va logrando creciente acogida en ciertos países. En California, Estados Unidos, por ejemplo, están utilizándose varios miles de millas de tubería de cemento para la distribución de agua de riego. La mayoría de ellas son conducciones cuya presión de entrada del agua no excede de 20 pies (6. m).

Los sistemas de tubería tienen muy pocas pérdidas de conducción por escapes y evaporación de agua, permiten regar mayores extensiones de tierra que los sistemas de canales laterales abiertos, y representan un menor costo de conservación y funcionamiento. Se ha calculado que, en el delta del Nilo, el 7% de las tierras de cultivo se pierde en servidumbres de paso, canales y desagües. Los sistemas de tubería eliminan también el problema de la vegetación, así como el problema de los criaderos de insectos y de caracoles.

Estos sistemas tienen las siguientes desventajas: resultan poco satisfactorios cuando se requiere mayor caudal de agua; su costo inicial es elevado; no son aconsejables las tuberías de cemento en suelos salinos o alcalinos y, de vez en cuando, necesitan reparaciones especiales. Un inconveniente especial de este sistema, al que hace mención W. H. Wright (comunicación personal a la OMS,

1955) es la infestación de las tuberías, en Estados Unidos, por una almeja, *Cyclas fluminea* (Müller), que impide seriamente la circulación del agua y el funcionamiento de las válvulas y de los sistemas de canales laterales e irrigadores. Añade Wright que, como es sabido, las almejas de este género se esparcen de manera considerable, y que la *C. fluminea* se introdujo en el país procedente de China. Su presencia en las tuberías se ha registrado también en Egipto. Tal vez se han hecho ya o se harán en el futuro, otras objeciones a los sistemas de tubería.

J. Gaud (23) en Marruecos, y J. O. Buxell (24), en Egipto, suscitaron la cuestión de hasta qué punto el sistema de riego de conducción en tubería es aceptado por la población rural de los países en que prevalece la bilharziasis. Tanto Gaud como Buxell señalaron la importancia de los factores etnológicos en el empleo de sistemas de canales abiertos y el hecho de que estos sistemas están totalmente integrados en la educación y en el equilibrio de la economía y del trabajo de la población rural. Gaud puso de manifiesto la necesidad de llevar a cabo activas campañas de educación sanitaria en relación con la instalación de sistemas de tubería.

El sistema cerrado o de alta presión, comúnmente para la distribución de agua doméstica, rara vez se utiliza para servicios de riego. Este sistema requiere que las tuberías estén firmemente reforzadas, lo cual aumenta considerablemente su costo.

Los sistemas "abiertos", que son, en cierto modo, de uso más general, se caracterizan por un embalse para los excesos de caudal que ocurren a intervalos periódicos. Las salidas de agua se hacen desde la parte superior de cada embalse. Estos sistemas poseen la inherente inestabilidad relacionada con la "canalización" del aire.

Los sistemas de tuberías semicerradas están recibiendo creciente atención en Estados Unidos, Norte de Africa y otros lugares. Muchos los consideran superiores a otros sistemas por sus características de funcionamiento. Los experimentos llevados a cabo por A. F. Pillsbury y E. H. Taylor, en

la Universidad de California indican que el sistema semicerrado posee las características esenciales de funcionamiento del sistema cerrado, con la excepción de que la presión de la tubería nunca exceda el valor establecido por la superficie del agua en el próximo embalse aguas arriba. Por consiguiente, es posible utilizar tuberías de baja presión. F. M. Stead (25) estima que los sistemas semicerrados son muy prometedores y que deben fomentarse desde el punto de vista del control de los mosquitos.

Las características de todos los sistemas de tubería los hace muy adecuados para el control de los caracoles así como de los mosquitos. Además, la planificación de estos sistemas podría tomar en consideración el abastecimiento de agua cruda para las colectividades rurales y para granjas particulares situadas a lo largo de la conducción de agua. Esta agua, naturalmente, necesitaría purificarse para ser convertida en potable. La instalación de colectores de cieno en lugares adecuados resolvería el problema del sedimento. Desde los puntos de vista de la salud y de la ingeniería sanitaria, la irrigación por medio de sistemas de distribución lateral en tuberías merece un mayor estudio por parte de los especialistas en este campo.

Desagüe

El desagüe de un sistema de riego se efectúa mediante zanjas abiertas o tubos de barro cocido subterráneos. En este último caso, no pueden, evidentemente, desarrollarse los caracoles, pero en los desagües abiertos el problema puede ser muy serio. Estas zanjas se encuentran, muchas veces, en zonas llanas, de suerte que el declive es poco pronunciado y la velocidad de la corriente débil. La corriente de avenamiento comprende, no sólo el excedente del agua de riego, sino también el desagüe normal de la superficie, cuya determinación constituye la base del proyecto del sistema.

Igual que con los canales de riego, el revestimiento de los desagües abiertos es muy conveniente para el control de los caracoles y de los mosquitos.

Si bien tal vez no resulte económico revestir totalmente los desagües abiertos, sería aconsejable proveerlos de colectores revestidos, por ejemplo, colectores de cemento prefabricados, que ofrecerían la ventaja de concentrar las pequeñas corrientes y de aumentar la velocidad del agua.

El avenamiento es también recomendable para desecar tierras pantanosas donde los caracoles vectores de enfermedades constituyen un grave peligro para la salud. No obstante, si los desagües abiertos utilizados para este fin no se proyectan y construyen de manera adecuada por el ingeniero, puede ocurrir que la zona pantanosa quede bien desecada, pero que los caracoles trasladen su habitat a los propios desagües, con lo cual se propagaría la enfermedad a una extensión mayor que antes.

Otras medidas

Otras medidas dentro del campo de actividades del ingeniero son la adecuada supervisión y regulación de los sistemas de riego para prevenir inundaciones y exceso de agua, la apropiada conservación de todas las instalaciones y la eliminación de estancamientos y de recodos en la entrada y salida de las conducciones, cruces de canales, etc.

LA FINALIDAD DEL SANEAMIENTO DEL MEDIO

La presencia de especies de caracoles vectores en los sistemas de riego no constituiría un peligro para la salud pública si tales sistemas no fueran contaminados por las heces y la orina del hombre. La eliminación de estos desechos humanos de una manera que ofrezca plena garantía constituye un importante aspecto de todas las campañas contra la bilharziasis, y trae aparejada la aplicación de medidas de ingeniería. Sin embargo, estas medidas pertenecen al campo del ingeniero sanitario y del sanitario. Están pues, fuera del alcance del presente trabajo. Asimismo, debe mencionarse el control del vector por medio de moluscocidas, aspecto que también cae en el campo del saneamiento del medio.

La OMS viene dedicando considerable

atención al estudio y fomento del saneamiento, comprendiendo en éste las medidas de control de vectores en las regiones afectadas de bilharziasis. Actualmente están en preparación dos monografías sobre abastecimiento de agua y eliminación de heces en zonas rurales y en pequeñas colectividades, respectivamente. En cuanto al control del vector, la OMS (26) publicó disposiciones específicas relativas a los moluscocidas y, a través de su Comité de Expertos en Insecticidas (27), recomendó métodos y equipo para su aplicación.

ANALISIS ECONOMICO DE LAS MEDIDAS DE INGENIERIA PARA EL CONTROL

El breve examen anterior indica que, en los sistemas de riego, las dos medidas más eficaces contra los caracoles, los insectos y otros organismos vectores de enfermedades, tal vez sean el revestimiento (del tipo de superficie dura) de los canales y la instalación de tuberías en vez de canales de tierra secundarios y terciarios abiertos. Los gastos iniciales de estas medidas son, indudablemente, elevados. Respecto al revestimiento de canales, la Oficina de Recuperación de Tierras de la Secretaría del Interior de Estados Unidos (20), ha llevado a cabo estudios sobre el costo y eficacia de los canales revestidos, en comparación con los no revestidos, y ha efectuado también una investigación sobre los tipos de revestimiento. Estas investigaciones revelaron que, dejando de lado las consideraciones de medicina preventiva, se justifica con frecuencia la adopción de un programa de revestimiento de canales basándose exclusivamente en los beneficios tangibles que de él pueden derivarse. En las zonas donde la bilharziasis, la malaria y las enfermedades transmitidas por el agua llegan a constituir un grave problema de salud pública, sería conveniente expresar en términos económicos los beneficios intangibles que se obtendrían de una reducción de estas enfermedades, para que, de esta manera, fuera económicamente factible un programa de revestimiento de canales. Para demostrar la factibilidad económica, el

valor anual capitalizado de los beneficios (tangibles e intangibles) derivados del revestimiento de los canales debe ser igual o mayor que el costo anual del revestimiento. Para hacer este cálculo, el ingeniero necesita recoger una gran cantidad de datos, algunos de los cuales deben ser facilitados por el servicio de salud pública. El costo máximo permisible del revestimiento en una serie dada de condiciones, se puede determinar por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{D}{TL} \left[\frac{\text{Ln } A (pf - PF) + v + V + M}{43560} \right],$$

en que

- C = costo del revestimiento, completado, en centavos (E. U. A.) por pie cuadrado
- f = pérdida por filtración en canal no revestido (pies cúbicos por pie cuadrado por 24 horas)
- F = pérdida por filtración en canal revestido (pies cúbicos por pie cuadrado por 24 horas)
- p = perímetro mojado de canal no revestido (pies)
- P = perímetro mojado de canal revestido (pies)
- T^* = perímetro total del revestimiento (pies)
- n = número de días de 24 horas que funciona el canal anualmente
- A = valor del agua (centavos por pie acre*)
- L = longitud del canal (pies)
- D = duración del revestimiento (años)
- v = valor (centavos por año) de los beneficios tangibles del revestimiento, aparte del valor del ahorro de agua y de gastos de funcionamiento y conservación, por longitud del canal estudiado (incluido el valor de la tierra que se protege contra las filtraciones)
- V = valor total (centavos por año) de los beneficios intangibles del revestimiento, tales como menores gastos y seguro contra fallos, por longitud del canal estudiado; menores gastos de atención médica y medicamentos, que de otro modo son necesarios para el tratamiento de la bilharziasis y otras enfermedades importantes; aumento de la capacidad de producción de la población protegida, etc.

* Un acre = 43.560 pies cuadrados.

M = ahorro anual (centavos) en los gastos de funcionamiento y conservación, gracias al revestimiento, por longitud del canal estudiado.

Esta fórmula puede ser adaptada para su empleo en otros países. Es importante señalar que los gastos en la mayoría de las regiones del mundo no serán comparables con los de Estados Unidos y que, por consiguiente, será necesario determinar en cada caso la factibilidad económica de mejorar los sistemas de riego en la forma deseada por todos los interesados. Son necesarias investigaciones similares, tanto con respecto al revestimiento de canales como al sistema de riego con tuberías.

NECESIDAD DE INVESTIGACIONES

En este trabajo se han examinado algunas de las bien conocidas características de los sistemas de irrigación que pueden desempeñar un papel en la lucha contra la bilharziasis y otras enfermedades. Creemos que hay otros recursos de ingeniería que podrán también utilizarse, tal vez de una manera modificada, cuando se hayan hecho más adelantos en el estudio de la ecología del caracol. Antes de aplicar las medidas de ingeniería para el control, el ingeniero necesita de la orientación del malacólogo y del epidemiólogo. Así, pues, valdría la pena, en este campo, que un equipo constituido por estos tres especialistas emprendiera, en todas las zonas de bilharziasis endémica, un estudio experimental que condujera a la determinación del carácter exacto y de las relaciones entre la ingeniería de riegos y la bilharziasis. De estos estudios se podrían derivar modificaciones prácticas de las actuales técnicas de riego, que, aunque no condujeran totalmente al control de la bilharziasis, podrían ser de utilidad y tal vez más eficaces que los métodos actualmente a nuestro alcance. La probabilidad de que esto ocurra es considerable si se organizan medios experimentales y estudios piloto.

Entre los problemas que hay que estudiar figuran los siguientes:

a) papel exacto que desempeña la velocidad de la corriente de los canales para evitar que se formen colonias de caracoles en una serie determinada de factores ambientales;

b) influencia de la forma y profundidad de los canales en la invasión y multiplicación de los caracoles;

c) influencia de la luz y de la turbiedad del agua en la supervivencia de los caracoles en los canales de irrigación;

d) mejoramiento del diseño de canales de riego, para mantener un dado mínimo de velocidad de corriente en cualquier condición de funcionamiento;

e) estudio en una situación dada, de un método económico y práctico de revestimiento con superficie dura de canales laterales de riego;

f) estudio en una situación dada de un sistema práctico de tuberías o de distribución en acueducto para canales laterales de riego;

g) mejoramiento del diseño de tomas de agua para prevenir la penetración en los sistemas de riego de caracoles vectores de enfermedades.

LA FUNCION DE LA OMS

Desde hace algún tiempo la OMS viene estudiando los métodos de control de la bilharziasis, especialmente en la Oficina Regional de la OMS para el Mediterráneo Oriental, cuyo exdirector, el Dr. Aly T. Shousha, es un experto en la materia (28). Durante los últimos siete años, la OMS se ha orientado por las recomendaciones del Grupo Mixto OIHP/OMS de Estudios sobre la Bilharziasis en Africa (1), y del Comité de Expertos de la OMS en Bilharziasis (3).

Recientemente, a petición de los gobiernos, han prestado servicios en Egipto, Siria, Irak y Filipinas consultores y grupos de especialistas, entre ellos, ingenieros sanitarios. Al presente se está definiendo nuevamente el proyecto de control de la bilharziasis en Egipto, a fin de que abarque un plan destinado a estudiar, desde el punto de vista de la ingeniería, el diseño, construcción y funcionamiento del sistema de riego de Egipto, asimismo, se tiene el proyecto de organizar, a la luz de este examen, estudios piloto de modificaciones a fin de determinar las maneras prácticas de reducir la transmisión de la bilharziasis propagada por el

sistema de riego. Igualmente, ha solicitado colaboración de la OMS el gobierno del Sudán, en donde se vienen realizando algunos experimentos sobre los efectos en la transmisión de la bilharziasis de la situación de las aldeas en relación con los canales de riego y desagüe.

La OMS está elaborando los planes para colaborar con la Universidad de Alejandría, juntamente con la Administración de Cooperación Internacional del gobierno de Estados Unidos, para incluir algunas investigaciones aplicadas o experimentales sobre este tema en el proyectado programa de trabajo para las Estaciones Experimentales de Ingeniería Sanitaria y el Alto Instituto de Salud Pública que se está construyendo en Alejandría, Egipto.

Aparte de estas actividades, la OMS podría estimular el reconocimiento de la necesidad de una colaboración inmediata y eficaz entre los servicios de sanidad y de riego de los gobiernos de los países interesados. Asimismo, podría colaborar, facilitando los servicios de consultores en ingeniería, con más gobiernos e instituciones en estudios experimentales sobre mejoramiento del diseño de sistemas de riego para el control de la bilharziasis, así como en la evaluación científica de los mismos. Por otro lado, la OMS podría fomentar la inclusión en los planes de estudio de las escuelas de ingeniería civil

de los países afectados por la bilharziasis de conferencias sobre las repercusiones sanitarias de los planes de riego y el control de dicha enfermedad. A este respecto, se podrían organizar cursos breves para ingenieros civiles e hidráulicos procedentes de los países citados sobre una base regional o interregional, y bajo el patrocinio de la Organización. Por último, la OMS podría organizar una seminario acerca del mismo tema que se celebre, dentro de dos o tres años.

AGRADECIMIENTO

Con el objeto de reunir material para este trabajo, entramos en contacto con un gran número de expertos, entre ellos ingenieros hidráulicos y especialistas en obras de riego, malacólogos y científicos, personal de salud pública e ingenieros sanitarios. La OMS—y el autor en particular—expresan su agradecimiento a todos estos expertos, que proporcionaron valiosos datos y sugerencias. Asimismo, manifestamos nuestro reconocimiento al Sr. N. D. Gulhati, Secretario General de la Comisión Internacional de Riegos y Desagües, Nueva Delhi, India; al Sr. A. Moleenaar, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; al Dr. N. Ansari, oficial médico encargado del Programa de Bilharziasis, Sección de Enfermedades Endemoepidémicas, OMS, Ginebra, y al Sr. J. O. Buxell, Asesor Regional en Saneamiento del Medio, Oficina Regional de la OMS para el Mediterráneo Oriental, Alejandría, Egipto.

REFERENCIAS

- (1) Grupo Mixto OIHP/OMS de Estudios sobre la bilharziasis en Africa, *Wld. Health Org. Techn. Rep. Ser.*, 17:14, 1950.
- (2) *Off. Rec. Wld. Health Org.*, 25:6, 1950.
- (3) Organización Mundial de la Salud, Comité de Expertos en Bilharziasis, *Wld. Health, Org. Tech. Rep. Ser.*, 65, 1953.
- (4) Rhodesia del Sur, *Report on the public health for the year 1953*, Salisbury, 1954, p. 8.
- (5) Khalil, M.: *Jour. Roy. Egypt. Med. Assn.*, 32:820, 1949.
- (6) Mozley, A.: *A background for the prevention of bilharzia*, Londres, 1953, p. 56.
- (7) Abdel Azim, M.: Problems in the control of schistosomiasis in Egypt. En: *Proceedings of the Fourth International Congress on Tropical Medicine and Malaria*, Washington, D. C., Vol. 2, 1948, p. 1013.
- (8) Watson, J. M.: *Jour. Roy. Fac. Med. Iraq*, 14:148, 1950.
- (9) Fortier, S., y Scobey, F. C.: *Trans. Am. Soc. Civ. Engrs.*, 89:940, 1926.
- (10) Kennedy, R. G.: *Proc. Inst. Civ. Engrs.*, 119:281, 1895.
- (11) Israelsen, O. W.: *Irrigation principles and practices*, 2a. ed. Nueva York, 1950.
- (12) Rohwer, C.: *Canal Lining Manual*, Fort Collins, Colo. (publicación del Servicio de Conservación del Suelo, Secretaría de Agricultura, E. U. A.) 1946.
- (13) Barlow, C. H.: *Am. Jour. Hyg.*, 25:327, 1937.
- (14) Mozley, A.: *Sites of infection. Unstable areas as sources of parasitic diseases: schistosomiasis and fasciolosis*, Londres, 1955, p. 49-55.

- (15) Marill, F. C.: Comunicación personal de la OMS, 1955.
- (16) Wilcox, L. V.: *The quality of water for irrigation use*, Washington, D. C. (Secretaría de Agricultura, E. U. A., *Technical Bulletin No. 962*), 1948.
- (17) Deschiens, R., Lambault, A., y Lamy, H.: *Bull. Soc. Path. Exot.*, 47:915, 1954.
- (18) Deschiens, R., y Lamy, H.: *Bull. Soc. Path. Exot.*, 47:264, 1954.
- (19) Young, R. A.: *Maintenance of irrigation and drainage channels with special reference to weed control* (Comisión Internacional de Riego y Desagües, Nueva Delhi: Segundo Congreso), 1954.
- (20) Secretaría del Interior, Oficina de Recuperación de Tierras, E. U. A., *Lining for irrigation canals*, Washington, D. C., 1952.
- (21) Wright, W. H.: Comunicación personal de la OMS, 1955.
- (22) McMullen, D. B.: Comunicación personal de la OMS, 1955.
- (23) Gaud, J.: Comunicación personal de la OMS, 1955.
- (24) Buxell, J. O.: Comunicación personal de la OMS, 1955.
- (25) Stead, F. M.: Comunicación personal de la OMS, 1955.
- (26) Organización Mundial de la Salud: *Specifications for pesticides: insecticides, rodenticides, molluscicides, and spraying and dusting apparatus*, Ginebra, 1956.
- (27) Organización Mundial de la Salud, Comité de Expertos en Insecticidas: *Org. Mund. Salud, Serie de Informes Técnicos, 110, 28, 1956.*
- (28) Shousha, A. T.: *Bull. Wld. Health Org.*, 2:19 1949.