

LAS BOQUILLAS DE ROCIADORES DE INSECTICIDAS¹

COMENTARIOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CONTROL DEL PALUDISMO

FRED W. KNIPE

Ingeniero malarólogo de la Fundación Rockefeller, actualmente agregado al Instituto Antipalúdico de la India

En términos generales, el equipo utilizado en los proyectos de control del paludismo a base de los insecticidas hidrocarburos clorados, tales como el DDT, puede ser de tres clases, que son:

- 1) rociadores de compresión²,
- 2) rociadores de bomba de estribo y
- 3) rociadores de potencia.

Aunque los tipos difieran unos de otros en el modo de activación o en detalles de construcción, los tres tienen en común la llamada "línea de descarga", de que depende la distribución final del insecticida. Esa línea consta de partes componentes comunes³, entre las que el elemento más importante es la boquilla. En este artículo se examinan ciertas características del funcionamiento de ésta, así como sus relaciones con el regulador de presión.

Es importante el extremo de la boquilla que contiene el orificio de descarga porque realiza tres funciones de que dependen las características de distribución del insecticida. Esas características son:

- 1) la forma del rociamiento,
- 2) el ángulo de rociamiento a una dada presión y
- 3) gasto o caudal de la boquilla a una presión determinada.

¹ Publicado en inglés en el *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 12, No. 3, 1955, p. 401.

² Los términos y definiciones que se usan en este trabajo siguen, en la medida de lo posible, la nomenclatura adoptada por la Organización Mundial de la Salud.

³ La línea de descarga comprende los siguientes elementos: regulador de presión, empalme de manguera (de rosca o bayoneta), colador, válvula de cierre, lanza, válvula contra el goteo, cuerpo de la boquilla y punta de la boquilla.

Puede afirmarse que todas estas características tienen casi la misma importancia.

En general, predominan dos formas de rociamiento: 1) la plana y 2) la cónica. El rociamiento plano se define como "el que adopta la forma de un abanico, con el vértice en la apertura de la boquilla". El rociamiento cónico se define como "el que adopta la forma de un cono, con la cúspide en el extremo de la boquilla". Estas definiciones son muy vagas, pero resultan útiles.

Cuando la punta de la boquilla se halla en perfectas condiciones, la forma de rociamiento se mantiene constante, cualesquiera sean el ángulo de rociamiento, el caudal de la boquilla o la presión aplicada, siempre que dicha presión se mantenga dentro de los límites propios de las operaciones de rociamiento residual para control del paludismo. Por lo general, este límite no pasa de 40 libras por pulgada cuadrada (lbs./plg.²), o sea 2,7 atmósferas (atm.).

Aunque con el tipo cónico se puede realizar un trabajo satisfactorio, la práctica de los rociamientos residuales parece más en favor del rociamiento plano. La razón de esta preferencia es que, cuando un operador de campo mantiene la punta de la boquilla a la altura óptima, de 46 cm con relación a la superficie sometida a tratamiento, puede determinar mejor la calidad de su trabajo. En consecuencia, las siguientes indicaciones se referirán solamente al rociamiento plano, aunque puedan aplicarse por igual al cónico.

Para la aplicación práctica de los insecticidas, el Comité de Expertos en Insecticidas, de la OMS, ha recomendado un ángulo de 60° a 65°³, pero no ha establecido específicamente la presión del caudal a ese ángulo, si bien es cierto que esta presión se puede

inferir. Por otra parte, se recomendó una descarga específica⁴ de 0,76 litros por minuto, a una presión específica de 40 libras por pulgada cuadrada.⁴ Como de un país a otro los sistemas de medida de líquidos varían, quizás convenga indicar el coeficiente de caudal en varios sistemas (véase el Cuadro No. 1).

En todo este trabajo se expresará el caudal o gasto en galones norteamericanos.

Es evidente que el ángulo de rociamiento y el gasto de la boquilla pueden ser afectados profundamente por la presión aplicada en la punta de la boquilla al material que se rocía. Cuando la presión sea alta, el ángulo será mayor que cuando la presión sea baja. Lo mismo puede decirse en cuanto al caudal de la boquilla. Tanto el ángulo como el caudal varían con arreglo a la presión, pero no de la misma manera.

Cuando se hacen recomendaciones sobre los requerimientos de la punta de las boquillas, deben aparecer en estrecha correlación las tres características mencionadas anteriormente a fin de que quienes fabriquen y quienes utilicen el equipo puedan conocer por anticipado el rendimiento que cabe esperar de éste. Conviene citar aquí un ejemplo de algo que causa cierta confusión. Se refiere a una punta de boquilla, de uso bastante extendido, llamada la "8002"⁵. Según la empresa que la fabrica, esta designación significa que la punta de la boquilla produce un ángulo de rociamiento de 80° y da un gasto de 0,2 galones por minuto a 40 lbs./plg.² Como esta boquilla se utiliza mucho en operaciones de rociamiento residual, se ha supuesto frecuentemente que responde a las especificaciones del Comité de Expertos en Insecticidas, de la OMS. En realidad, el Comité aconseja también 40 lbs./plg.², pero no a un ángulo de 80°, sino de 60° a 65°, que la boquilla "8002" no puede producir a la citada presión. Sin embargo, puesto que el ángulo y el

CUADRO No. 1.—*Equivalente de los coeficientes óptimos de descarga.*

Medida líquida	Coefficiente de descarga óptima
Litro.....	0,76 por minuto
Onza líquida (Imperial) ..	26,6 por minuto
Galón (Imperial).....	0,17 por minuto
Onza líquida (E. U. A.) ..	25,6 por minuto
Galón (E. U. A.).....	0,2 por minuto

gasto o caudal de la boquilla son función de la presión, el rendimiento de esta punta se puede obtener a otra presión determinada. Cuando funcione a la presión de 15 lbs./plg.² (1 atm.) producirá un ángulo de 65°, pero el gasto descenderá a 0,12 galones por minuto y no satisfará tampoco los requisitos establecidos (véase el Cuadro No. 2). El descenso de la presión, de 40 lbs./plg.² a 15, representa un 40 % de disminución del gasto, y una disminución del 18,75 % del ángulo. Ya se puede presumir, por lo tanto, que una punta de boquilla "8002" no responde a las recomendaciones del Comité, ni en cuanto al ángulo de rociamiento (60° a 65°) ni en lo que se refiere al gasto de la boquilla (0,2 galones por minuto), a cualquier presión corriente.

Dentro de la amplia variedad de puntas de boquilla fabricadas por la Spraying Systems Company, ciertos modelos se aproximan mucho a las deseadas características de ángulo y gasto de boquilla a presiones específicas. En el Cuadro No. 2 se consignan algunos ejemplos.

Se observará que una punta (No. 6502) se ajusta a las requeridas características a 40 lbs./plg.² No obstante, para comprender y delimitar mejor los requerimientos relativos a las puntas de boquilla para las operaciones de rociamiento residual, quizás convenga hacer una breve exposición sobre esta materia.

La aplicación del rociamiento residual para el control del paludismo es una técnica especializada por medio de la que se dispersan anualmente miles de toneladas de insecticidas en operaciones llevadas a cabo en todo el mundo. En definitiva, ésta es una

⁴ Organización Mundial de la Salud, Comité de Expertos en Insecticidas (1952), *Wld Hlth. Org. techn. Rep. Ser.*, 46:33.

⁵ Fabricada por la Spraying Systems Company, 3201 Randolph St., Bellwood, Ill., USA.

CUADRO No. 2.—Efecto de la variación de presión sobre el ángulo de rociamiento y la descarga de la boquilla.

Punta No.		Presión (lbs./plg. ²)					Variación de 40 lbs./plg. ² a 10 lbs./plg. ² (%)
		7	10	15	20	40	
6502	Angulo (grados)	32	38	47	52	65**	41,5
	Descarga de la boquilla (gal./min.)	0,08	0,10	0,12	0,14	0,20	50
8002	Angulo (grados)	48	56	65	69	80	30,0
	Descarga de la boquilla (gal./min.)	0,08	0,10	0,12	0,14	0,20†	50
8003	Angulo (grados)	50	58	66**	70	80	27,5
	Descarga de la boquilla (gal./min.)	0,13	0,15	0,18	0,21†	0,30	50
8004	Angulo (grados)	53	60**	67	71	80	25,0
	Descarga de la boquilla (gal./min.)	0,17	0,20	0,25	0,28	0,40	50
9506	Angulo (grados)	68**	74	82	86	95	22,1
	Descarga de la boquilla (gal./min.)	0,25	0,30	0,37	0,40	0,60	50

* Los datos de presión, ángulo y descarga han sido tomados del *Bulletin No. 63* de la Spraying Systems Company.

** Indica las condiciones de funcionamiento casi óptimas, a presiones preestablecidas para el ángulo y la descarga de la boquilla.

† Indica las condiciones de funcionamiento casi óptimas, a presiones preestablecidas solamente para la descarga de la boquilla.

operación costosa, que requiere un alto grado de eficiencia y precisión, en la que los principios económicos tienen importancia. En consecuencia, se debe dotar el rociador de todos los perfeccionamientos mecánicos e hidráulicos posibles a fin de conseguir uniformidad de aplicación en manos de operarios que, por lo general, son trabajadores no especializados.

Uno de esos aditamentos es el regulador de la presión, que la mantiene constante en el extremo de la boquilla. Es éste un dispositivo definido por el Comité de Expertos en Insecticidas, de la OMS, como "el mecanismo que mantiene una presión preestablecida en la boca de salida, a pesar de las variaciones de presión de la boca de entrada". Esta definición quizás debiera ampliarse añadiéndole estas palabras: "en tanto que la presión de entrada no descienda por debajo de la presión preestablecida". Por ejemplo, cuando la presión preestablecida sea 10 lbs./plg.² (0,67 atm.), el regulador mantendrá esta presión en el punto de sa-

lida mientras que la de entrada no descienda de 10 lbs./plg.² Por debajo de la presión preestablecida comenzará a desfigurarse la forma de rociamiento hasta que se restablezca una presión superior a 10 lbs./plg.²

COMENTARIO

El Comité de Expertos en Insecticidas, de la OMS, estableció unas especificaciones para las puntas de boquilla antes de que se generalizase el uso de los reguladores de presión en el equipo de rociamiento accionado a mano. Cuando se establecieron tales especificaciones, lo corriente era desarrollar en el tanque una presión de aproximadamente 50 lbs./plg.² (3,3 atm.) y continuar las operaciones de rociamiento hasta que la conformación de éste y la descarga de la boquilla descendieran marcadamente de los límites especificados. Los límites normales de operación, para la punta de boquilla "8002", eran desde 50 lbs./plg.², con una descarga de boquilla de 0,25 galones por minuto, a un ángulo de 84°, hasta quizás una

baja presión de 10 lbs./plg.², con una descarga de boquilla de 0,10 galones por minuto, a un ángulo de 56°.

El regulador de presión, hoy perfeccionado y de uso muy general, permite regular estrictamente la presión de salida, y, en consecuencia, del gasto de la boquilla y del ángulo de rociamiento. A su vez, tal correlación puede determinar una distribución mucho más uniforme del insecticida aplicado, ya que los tres factores implícitos permanecen constantes durante toda la operación. Esto representa también un empleo mucho más económico de los insecticidas. Del mismo modo el empleo inteligente del regulador representa una gran economía de mano de obra, así como de esfuerzo individual, al disminuir la fatiga del operario, lo que se traduce en un rendimiento mayor y mejor por hombre y día de trabajo.

El regulador gobierna los límites de la presión o, en otras palabras, la cantidad de labor eficiente que se puede realizar mecánicamente con cada tanque propulsor a una presión preestablecida. Si el regulador se pone a una presión elevada, la cantidad de trabajo uniforme realizado por cada tanque propulsor a presión será necesariamente menor que si el regulador se pone a una presión baja.

Hay un factor de mucha importancia que tener en cuenta en la selección de esta presión regulada: la aptitud del trabajador para producir a mano una presión total suficientemente elevada dentro del rociador a fin de mantener con ella la presión de trabajo adoptada, por un conveniente período de tiempo. Esto depende del número de golpes de émbolo necesarios para acumular en el tanque cualquier presión determinada, tanto si la presión de salida es de 10, de 40 o de 50 lbs./plg.², como si es todavía mayor.

La experiencia indica que, cualquiera sea la presión alcanzada, a los 50 golpes de émbolo, como máximo, el operario se siente fatigado y tiene que descansar. Lo más

corriente es que prefiera 30 ó 40 golpes de émbolo entre dos descansos consecutivos.

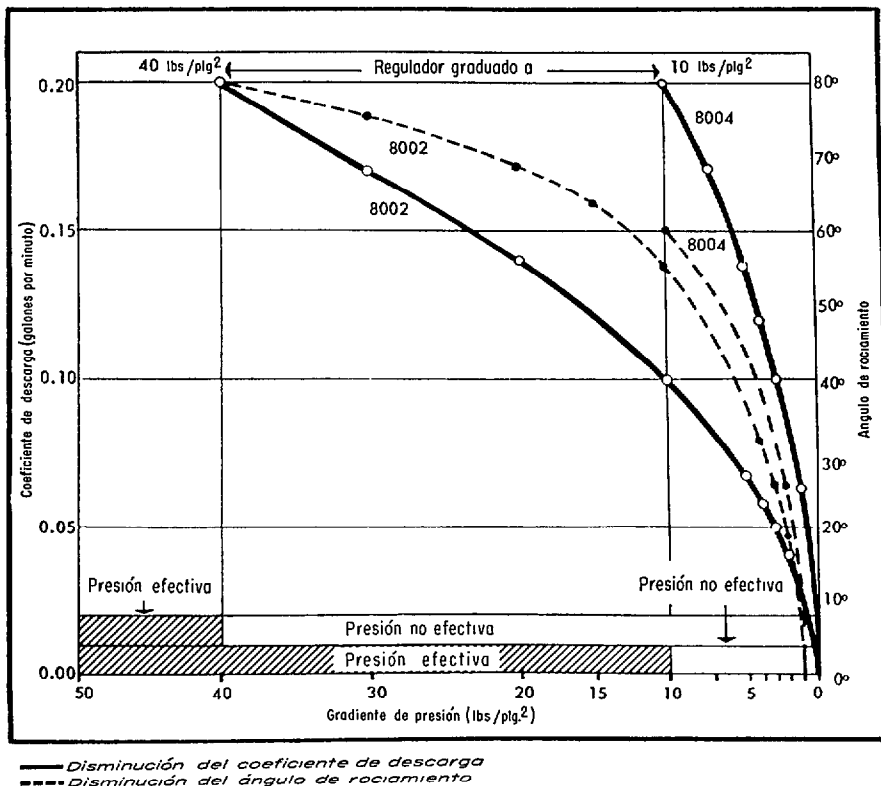
La presión producida en cada golpe de émbolo depende del diámetro y longitud del cilindro de la bomba; un diámetro mayor o una carrera de émbolo más larga originarán más presión que si el diámetro o la carrera son menores. Los diseñadores de equipo de rociamiento tienen muy en cuenta estos factores, a fin de conseguir el máximo de presión con el mínimo de esfuerzo.

Hasta ahora se ha considerado que el máximo de presión es de 40 a 50 lbs./plg.², producida aproximadamente por 50 golpes de émbolo. Por desgracia, en las operaciones de campo suele ser difícil para los operarios conseguir esa presión, que llega a lo imposible con muchos tipos de rociadores, porque el operario, por voluntarioso que sea, no tiene capacidad física para producirla. Es esto así porque la presión máxima producida depende del peso del operario, y no de su buena voluntad de trabajar.

Es más, aun alcanzando la presión de 50 lbs./plg.², si las características de una punta de boquilla especifican una descarga de 0,2 galones por minuto a 40 lbs./plg.², no se dispone más que de una presión de 10 lbs./plg.² hasta que haya necesidad de volverla a aumentar o hasta que comience a deteriorarse la forma del rociamiento (véase Fig. 1). Naturalmente, en este ejemplo se supone que, en la línea de descarga se ha montado un regulador de presión para funcionar a 40 lbs./plg.²

Las pruebas efectuadas con un tipo muy generalizado de rociador a compresión pusieron de relieve la necesidad de incrementar 12 veces la presión a 50 lbs./plg.², a fin de rociar los dos galones completos de la capacidad de líquido que se recomienda, cuando el regulador de presión se fija a 40 lbs./plg.² y no se permite que descienda por debajo de ese punto. Por la cantidad de trabajo necesario para ésto, es indudable que un operario corriente no obtendría esa presión doce veces por cada tanque de líquido, en primer término, porque no podría, y, en

FIG. 1.—Comparación de la disminución de los ángulos de rociamiento y de los coeficientes de descarga, con boquillas 8002 y 8004, a presiones preestablecidas de 40 y 10 lbs./plg.², respectivamente.*



* El autor agradece al Dr. S. P. Ramakrishnan su asesoramiento en la preparación de esta ilustración.

segundo lugar, porque no querría, aunque físicamente fuera capaz de hacerlo.

Como estos hechos están bien corroborados por la práctica, parece lógico ajustarse a las posibilidades que el operario tiene de dar presión al tanque, adoptando un nivel fácilmente alcanzable mediante el esfuerzo físico y que esté de acuerdo con las especificaciones del Comité de Expertos en Insecticidas, de la OMS, para un rociamiento corriente. Esto puede requerir algún cambio de las especificaciones de presión formuladas por el Comité para el gasto de la boquilla.

Personalmente, preferimos una presión regulada que no exceda de 10 lbs./plg.², y creemos que una presión de 7,5 lbs./plg.² (0,5 atm.) es igualmente satisfactoria. Supongamos, por ejemplo, que el regulador de presión se monta para mantener un gasto constante a 10 lbs./plg.². Si el operario fuera

capaz de crear con el émbolo una presión de 50 lbs./plg.², tendría un margen de trabajo entre 50 y 10 lbs./plg.², en vez del intervalo 50-40 lbs./plg.² cuando el regulador de presión se monta a 40 lbs./plg.². En términos de trabajo llevado a cabo con el rociador mencionado, el operario sólo tendría que recargarlo a la presión de 50 lbs./plg.², dos veces y media, para rociar todo el contenido a 10 lbs./plg.², en lugar de las 12 veces del primero de los ejemplos citados. Esto representa una economía de fatiga física muy considerable. Es más, el hombre de poco peso, que no puede crear las 50 lbs./plg.², ni aún 40 lbs./plg.², puede trabajar a base de 25 ó 30 lbs./plg.², y realizar un trabajo igualmente satisfactorio.

A fin de lograr ésto, se hace necesario elegir una punta de boquilla de las características deseadas. Una Spraying Systems Tip

No. 8004 se aproxima mucho a las especificaciones recomendadas. A 10 lbs./plg.², este tipo rocía 0,2 galones por minuto a un ángulo de 60°. Es posible que otros fabricantes de boquillas y de puntas de boquilla ajusten su equipo a similares características de funcionamiento. Pero, por desgracia, no tenemos noticias de ello.

Entre los que trabajan en rociamiento residual (tanto en el aspecto de la investigación como en el de las operaciones de campo) se ha discutido algo la calidad del depósito que se obtiene cuando el rociado se efectúa a baja presión. La teoría propuesta parece dar a entender que los rociamientos a baja presión, por producir gotículas relativamente gruesas, pudieran no ser tan eficaces como los efectuados a mayor presión, y que producen microgotas de insecticida menores. El Comité de Expertos de la OMS ha salido al paso de esta objeción a las gotas grandes, en lo que respecta a los rociamientos residuales aplicados como polvos en suspensión, declarando⁶ que "el tamaño de las partículas de insecticida en las fórmulas de polvos dispersables se determina previamente por la molienda empleada durante la manufactura". En consecuencia, no se verá afectado por las variaciones en el tamaño de las gotas del agente depositante utilizado en el rociamiento.

El prefijar una presión baja tiene, entre otras, la ventaja de que, si al llegar a la presión crítica de 10 lbs./plg.², el operario no restablece la presión en el rociador, sólo puede continuar trabajando durante breves momentos con la deformación sufrida por el rociamiento, pues el tanque se agota poco después y es preciso recargarlo. Si la presión preestablecida es de 40 lbs./plg.² y el operario no recarga al llegar a esa presión, la forma del rociamiento se va alterando durante mucho rato (véase Fig. 1) antes de que se presente la necesidad de recargar el tanque. Como la recarga no se efectúa hasta que se agota prácticamente toda la presión, al ir descendiendo de 40 lbs./plg.², se experimenta una acentuada desfiguración

del rociamiento y una marcada disminución del gasto de la boquilla, lo que se traduce en falta de uniformidad en la aplicación del insecticida.

Otra de las ventajas de prefijar el gasto a una presión baja pudiera decirse que es la "calidad" del rociamiento producido. Una presión de 40 lbs./plg.², con una descarga de 0,2 galones por minuto, tiende a producir gotas microscópicas de unas dimensiones relativamente pequeñas. Muchas de ellas no recorren las dieciocho pulgadas (45,7 cm) de distancia que median entre la punta de la boquilla y la superficie objeto de tratamiento. En consecuencia, no chocan contra esta superficie, sino que caen al suelo o son arrastradas por las corrientes de aire y se pierden. Otras gotículas mayores, al salir de la punta de la boquilla a la presión de 40 lbs./plg.², alcanzan una velocidad considerable y adquieren cierta tendencia a rebotar en la superficie rociada, en lugar de adherirse a ella. Esas gotículas se pierden también. Este fenómeno depende, hasta cierto punto, del tipo de superficie sometida a tratamiento, pero puede decirse que, en mayor o menor grado, es común a todas las superficies.

A baja presión, 10 lbs./plg.², el número de gotitas microscópicas pequeñas es menor. En consecuencia no son muchas las que no llegan a la superficie tratada. También son menos las que rebotan, puesto que es menor la velocidad del material rociado.

Otro factor importante que se debe tener en cuenta en relación con la descarga a baja presión es el desgaste que el insecticida determina en el orificio de la punta de la boquilla. Como en los rociamientos residuales se usan, por lo general, polvos en suspensión, sale gran cantidad de partículas sólidas por el minúsculo orificio de la boquilla. Parte de este material es el insecticida propiamente dicho y parte el diluyente. Ambos son sólidos y causan en el orificio una erosión cuya importancia depende de la dureza de aquéllos. Cuando pasan a una presión elevada, la velocidad de esos corpúsculos sólidos es considerable. En tal

⁶ *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, 54:33.

caso, se ha de prever una acción abrasiva relativamente más elevada, y por consiguiente una menor duración de la punta de la boquilla que cuando la descarga se produce a menor presión y a través de un orificio correspondientemente mayor. En este caso, para mantener el mismo coeficiente de rociamiento a una presión pequeña se ha de aumentar proporcionalmente el diámetro del orificio de la punta de la boquilla.

CONCLUSIONES

El perfeccionamiento de la válvula de presión constante ha hecho variar las ideas que anteriormente se tenían acerca de las características de las puntas de boquilla utilizadas en los rociamientos residuales. Se discute la presión específica que da la forma y el coeficiente de rociamiento de insecticida establecidos por el Comité de Expertos en

Insecticidas, de la OMS. Se propone una presión de 10 lbs./plg.², porque, además de proporcionar las deseadas características de aplicación del rociamiento, esta presión baja: 1) reduce el esfuerzo de elevar la presión del rociamiento, 2) asegura una mejor adherencia del insecticida a las superficies, al reducir la velocidad de descarga y al producir gotas del tamaño óptimo para tal adherencia, y 3) reduce el desgaste de la punta de la boquilla, y en consecuencia aumenta su duración.

Cuando se tienen en consideración las ventajas de una descarga controlada a baja presión (10 lbs./plg.²) en la punta de la boquilla, se ve que superan a todas las que pudiera ofrecer una presión elevada. En realidad, parece haber muy pocas ventajas directas—si es que hay alguna—en el empleo de una elevada presión (40 lbs./plg.²).