

Por otro lado, el fenómeno de la precipitación del cobre ocurre en las aguas de las fuentes de tratamiento, habiendo con frecuencia un mayor gasto de sulfato de cobre del que sería necesario si todo él permaneciese en solución. Por estas razones, la cantidad de ese algicida que se debe aplicar en cada fuente depende no sólo del género o de la especie de organismo a ser controlado, sino también de la cantidad de materia orgánica en suspensión y disuelta, de la temperatura, del tiempo de contacto, de la dureza, del pH, etc. Con respecto a estos dos últimos factores, se sabe que, en aguas ricas en carbonato de calcio el sulfato de cobre se combina con él, formando un precipitado de carbonato básico e hidrato de cobre, insolubles e ineficientes como algicidas. Por este motivo, a veces, se utilizan combinaciones de sulfato con citrato de cobre que, sin embargo, presentan el inconveniente de ser muy costosas (8) (31). Esto se hace mediante la mezcla mecánica del citrato con el sulfato para ser aplicados juntos.)

Entre tanto, se puede adoptar las siguientes reglas, cuando se ha de aplicar solamente sulfato de cobre en cantidad suficiente para obtener un residuo disuelto, además de la parte precipitada por los carbonatos. En aguas que tienen una alcalinidad al rojo de metilo por debajo de 50 mg/l, se aplica 0.3 mg/l (0.3 g. de sulfato por m<sup>3</sup> de agua) cantidad que es suficiente para cubrir la demanda producida por los carbonatos; cuando la alcalinidad es superior a 50 mg/l es necesario una concentración de 2.0 mg/l de sulfato de cobre, pero solamente en relación con el agua de la superficie (hasta 30 cm de profundidad) lo que corresponde a aproximadamente 0.6 g. por metro cuadrado (36). También, es posible mediante un cálculo más complicado, determinar la demanda total de sulfato de cobre en cada caso. Así, si se determina en uncultivo la cantidad aproximada de sulfato de cobre para destruir el género de algas que se quiere controlar, se puede calcular la cantidad de algicida total que debe ser aplicada, en función del volumen de la fuente (o de la parte que contiene las algas). Esa dosis será aumentada o disminuida en un 25% por cada grado de temperatura por encima o por debajo de los 15°C (debido a las variaciones en la solubilidad del sulfato de cobre) y además aumentada en un 2% por cada 10 miligramos por litro de materia orgánica en suspensión o en solución en el agua (6).

El sulfato de cobre se puede aplicar en forma líquida, en solución concentrada, o en forma de cristales empleando diversos métodos y diferentes equipos. Cuando se ha de aplicar en un reservorio de almacenamiento es muy importante que haya una distribución uniforme por todo el cuerpo de agua, evitando que se formen zonas de mayor concentración o precipitación de cristales de gran tamaño que lleguen al fondo sin haberse disuelto, lo que puede implicar una pérdida del material además de perjudicar a la población de peces de la misma fuente. Monie (43) llama la atención sobre el hecho de que de nada sirve conocer la época más apropiada y la cantidad exacta en que se debe aplicar el tóxico, si éste no se distribuye uniformemente en el cuerpo de agua. Así, por ejemplo, si se pretende obtener una concentración de 0.5 mg/l, se debe tener en cuenta al aplicar-

SENSIBILIDAD RELATIVA DE DIFERENTES GENEROS DE ALGAS A LOS VARIOS ALGICIDAS

Compuestos:	CuSO <sub>4</sub>	- Sulfato de cobre	Notas:	** Muy sensibles - Tratamiento económico. No presenta peligro.
	Cl	- Cloro		* Sensibles - Puede resultar económico, pero es perjudicial a los peces, a las plantas de cultivo y jardines.
	2,3 DMQ	- 2,3 dicloronaftaquinona		- Resistentes - El tratamiento no resulta económico, o puede provocar olores desagradables en el agua.
	DAC	- Cloruro de dodecil acetamida		- Muy resistentes - El tratamiento no da resultados.
	EED	- Dimetil ditiocarbamato de zinc		
CHU	- 3 (p-clorofenil) - 1,1 dimetil urea			
RADA	- Rosinamina D acetato			
RADS	- Rosinamina U sulfato			

GENEROS DE ALGAS	ALGICIDAS							
	I CuSO <sub>4</sub>	II Cl	III 2,3 DMQ	IV DAC	V EED	VI CHU	VII RADA	VIII RADS
<b>ALGAS VERDEAZULADAS</b>								
- Amphitrix	++	+	++			++		
- Anabaena	++	+	++			+		
- Aphanizomenon						+		
- Arthrospira	--				--	+		
- Calothrix						+		
- Coccochloris (Gloeothoece)					+	+	+	+
- Cylindrocapsa	++		++					
- Gloeocapsa								
- Gloeotrichia	++	+				+		
- Gomphosphaeria						+		
- Lyngbya	++	+	++	+	++	+	+	+
- Microcystis			+	+	--			
- Nostoc							+	+
- Oscillatoria	++			++				
- Phormidium	++		++					
- Pleocostema	++						+	
- Rivularia	++			+	--			
- Symploca	--							
<b>ALGAS VERDES</b>								
- Ankistrodesmus	--		--	--	--			
- Botrydium	+							
- Chara	--							
- Characium		--		+	--		+	
- Chlorella			--	--	--			
- Chlorococcum								
- Cladophora	++	--						
- Closterium	+		--	--	--			
- Coccomyxa		+	--	--	--			
- Coelastrum		--						
- Cosmarium								
- Crucigenia								
- Desmidium		+						
- Dictyosphaerium	--							
- Draparnaldia								
- Elaktothrix								
- Enteromorpha	+			+	--		+	+
- Gloeocystis								
- Golenkinia								
- Hydrodictyon	++							
- Kirchneriella	--					+	+	+
- Mesotensium				+				
- Microspora								
- Nitella	--		--	+	--			
- Oocystis	--							
- Palmella								
- Pediastrum								
- Phytococcus (Protoococcus)		+						
- Pithophora								
- Rhizoclonium								
- Scenedesmus					+		++	+
- Sphaerella (Haematococcus)	++							
- Spirogyra								
- Staurostrum			--	+			+	
- Stigeoclonium	+							
- Stichococcus								
- Tetradron								
- Tetrastrum			+					
- Tribonema	++							
- Ulothrix	+							
- Zygnema	+							
<b>DIATOMEAS</b>								
- Achnanthes		++	+	+			+	+
- Asterionella	++	+						
- Cyclotella			+					
- Cymbella								
- Fragilaria	++			+			+	++
- Gomphonema	++							
- Melosira	++	--						
- Navicula	++			+				+
- Nitzschia	+			+				
- Stephanodiscus	+							
- Synedra	+							
- Tabellaria	+							
<b>CLOROFAGELADOS</b>								
- Ceratium	+		+					
- Chlamydomonas								
- Dinobryon	++		+					
- Eudorina	--							
- Euglena	+							
- Glenodinium	+							
- Gonyaulax	++							
- Mallomonas								
- Pandorina	--							
- Peridinium								
- Synura	++		+					
- Uroglena								
- Uroglenopsis	++							
- Volvox	++		+					



#### 4.4.2.3. Otros Algicidas.

Innumerables compuestos orgánicos e inorgánicos se han experimentado en el control de las algas, como sustitutos del cloro y del sulfato de cobre. Palmer y Maloney (46) estudiaron los efectos producidos por 76 compuestos, desde el punto de vista de su toxicidad, sobre varios géneros de algas que crecían en medios de cultivo. Entre esos compuestos se probaron: sales inorgánicas de plata, sodio y calcio; sales orgánicas de cobre, zinc, mercurio, etc.; ácidos orgánicos; alcoholes; aldehidos y cetonas; fenoles; hidrocarburos; compuestos cuaternarios de amoníaco; derivados aminados; rosinaminas y antibióticos. Se pueden extraer varias conclusiones interesantes de esos experimentos, sobre todo en lo que se refiere a la acción selectiva desarrollada por algunos de esos compuestos. Así por ejemplo, las algas del género Scenedesmus, que son resistentes a la mayoría de los algicidas, inclusive a los compuestos de cobre y del cloro, han demostrado ser particularmente sensibles a la acción del bromuro de lauril isoquinolina (que sin embargo no es muy activo sobre otras algas), así como al di-(p-clorofenil) metilcarbinol, al cloruro de metil dodecil benzol trimetil amoníaco y al acti-diona. Un estudio comparativo de varias sustancias de efecto tóxico comprobado sobre las algas y experimentadas por diferentes investigadores, permite sacar las siguientes conclusiones (31) (41):

##### 4.4.2.3.1. Compuestos Cuaternarios del Amoníaco.

El cloruro de dodecil acetamido dimetil bencil amoníaco se demostró que es particularmente activo sobre algunas algas verdes, controlando el desarrollo de varios géneros de ellas cuando se le aplica en concentraciones menores que 0.5 mg/l. Entre las algas susceptibles, se mencionan especies del género Scenedesmus que son resistentes al sulfato de cobre aplicado en concentraciones mayores que 1/mg/l; Oocystis, Mesotaenium y Stigeoclonium que también son muy resistentes al sulfato de cobre; algunas algas verdeazuladas resistentes a otros compuestos también pudieron ser controladas por este compuesto, como por ejemplo, el Phormidium; flagelados pigmentados del género Chlamydomonas, resistentes a 1 y 2 mg/l de sulfato de cobre fueron controlados con 0.25 a 0.5 mg/l del compuesto orgánico. Lo mismo sucedió con algunas diatomeas: Achnanthes y Nitzschia. Por otro lado, algunas algas verdes de los géneros Chlorococcum, Ankistrodesmus y otras se mostraron resistentes a su acción tóxica. Además, este compuesto parece ser menos tóxico a los peces que los compuestos de cobre.

##### 4.4.2.3.2. Rosinaminas.

La Rosinamina D acetato tiene poder algicida sobre un gran número de algas, destruyendo en dosis de 0.5 mg/l mucho mayor número de géneros que el sulfato de cobre a la misma concentración. La rosinamina D sulfato, al contrario de la anterior, es selectiva en su acción y ha demostrado ser muy efectiva sobre el Mesotaenium, Gloeocystis y algunos Chlamydomonas cuando se le aplica en concentraciones de 0.25 mg/l; también destruye va-

rias diatomeas como la Nitzschia, Gomphonema, y Achnanthes en concentraciones iguales o menores que ésta. Las rosinaminas no son más tóxicas a los peces que el sulfato de cobre, pero su eficiencia en el agua depende, como en el caso del sulfato de cobre, de factores tales como el pH, la dureza, etc.

##### 4.4.2.3.3. Quinonas.

La más empleada es la de 2,3 dicloronaftoquinona (D N Q). Este es un compuesto de acción selectiva, particularmente tóxico a las algas verdeazuladas. Cuando se le emplea en dosis de 0.25 a 0.5 mg/l, es muy eficiente sobre algunos géneros de ese grupo, tales como la Anabaena, Microcystis, Aphanizomenon, Gloeotrichia, Nostoc y Plectonema y sin embargo es ineficaz aún en concentraciones elevadas, para el control de otras algas azules o de otros grupos. Por esta razón se le usa de preferencia en casos de floración y se le aplica en forma de suspensión que es esparcida sobre la superficie de la fuente en cantidad suficiente como para producir una concentración de 30 a 55 mg/l que es necesario, en la mayor parte de los casos, para controlar floraciones masivas producidas por las algas de los cuatro primeros géneros mencionados anteriormente. Esta concentración no causa la destrucción de peces y otros animales, así como tampoco de plantas acuáticas y de otros grupos de algas (47). Sin embargo, se debe estar prevenido contra una eventual proliferación de las algas verdes y de otros organismos que puede suceder después de una destrucción masiva de las algas verdeazuladas.

##### 4.4.2.3.4. Compuestos de Urea.

Se ha empleado con frecuencia el 3 (p-cloro fenil) -1, 1-dimetil urea (C M U) y se ha demostrado que es eficiente para la mayor parte de las algas cuando se le aplica en concentraciones de 2 mg/l; destruye a la mayoría de las algas verdeazuladas cuando se le aplica en dosis de 0.5 a 1 mg/l. Sin embargo, este compuesto es tóxico a la mayor parte de las plantas superiores, ofreciendo el peligro de la esterilización de los suelos. Por otro lado, es mucho menos tóxico a los peces y a otros animales acuáticos que la mayoría de los otros algicidas (48) (49).

##### 4.4.2.3.5. Compuestos de Zinc.

El dimetil-ditiocarbamato de zinc (Z D D) es eficiente en el control de gran número de algas, aún cuando se le emplea en cantidades infinitamente pequeñas. Así, dosis inferiores a 0.004 mg/l son eficientes en la destrucción de Microcystis. También se pueden controlar otras algas azules como Cylindropermum y Plectonema y diatomeas de los géneros Achnanthes, Gomphonema y Nitzschia con dosis inferiores a 0.032 mg/l. Sin embargo, una limitación importante al uso de esta sustancia como algicida, a no ser de que sea en casos especiales, está su elevado grado de toxicidad a los peces, matándolos aún cuando está en concentraciones de 0.01 mg/l (30) o más bajas (31).