

TABLA 1.- Toxicidad de Productos Químicos a las Algas" (Continuación)

Período de incubación (días).	Cylindrospermum				Microcystis				Scenedesmus				Chlorella				Gomphonema				Nitzschia			
	3	7	14	21	3	7	14	21	3	7	14	21	3	7	14	21	3	7	14	21	3	7	14	21
<b>Phenols</b>																								
Tetrachlorophene	T	P	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	T	N	N	N
2 tertiary-butyl-4, 6 dinitrophenol	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	S	N	N	N	N	N	N	P
Dinitro-o-secondary butylphenol	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Picric acid	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
<b>Quarternary ammonium compounds</b>																								
Methyl dodecyl benzyl trimethyl ammonium chloride (50 percent), 50 percent H <sub>2</sub> O*	T	P	N	N	P	N	N	N	T	T	T	N	P	P	N	N	T	T	T	T	T	T	T	N
Cetyl dimethyl ammonium bromide (2 percent), alkylate ether alcohol (10 percent), 85 percent inert*	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dodecylacetamido dimethyl benzyl ammonium chloride (100 percent)*	P	P	P	N	T	P	P	N	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
High molecular alkyl-dimethyl-ammonium chlorides (10 percent)*	P	P	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N
Mixed trimethyl and trimethyloctadecadienyl and ammonium chlorides (25 percent), 75 percent H <sub>2</sub> O*	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Methyl dodecyl benzyl trimethyl ammonium chloride plus tridecyl methyl hydroxy ethyl imidazolium chloride (10 percent), 90 percent H <sub>2</sub> O*	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	P	N	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
<b>Amines, amide derivatives</b>																								
Alpha naphthylamine	N	P	N	N	T	T	T	T	P	P	N	N	T	P	N	N	T	T	P	P	T	P	N	N
Beta naphthylamine	P	P	P	P	N	N	N	N	P	P	P	P	P	P	N	N	T	T	P	P	T	P	N	N
2, 4 dinitrophenylhydrazine	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Thiocarbamide	N	N	N	N	P	P	P	N	P	P	P	N	N	P	N	N	P	P	N	N	P	P	N	N
3-(p-chlorophenol)-1, 1-dimethylurea*	P	P	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	T	P	P	N	P	P	P	T	T	T	T	T
<b>Rosin amine compounds</b>																								
Rosin amine D acetate (50 percent solution)*	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	N	N	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Rosin amine D sulfate, wettable powder (75 percent active)*	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	P	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Diethanol rosin amine D acetate (70 percent active)	T	T	T	T	T	T	T	T	N	P	P	P	T	T	P	N	T	T	T	T	T	T	T	T
Emulsifiable rosin amine D (85 percent active)	T	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	N	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Emulsifiable rosin amine D pentachlorophenate (40 percent active)	T	T	P	N	P	P	P	N	N	N	N	N	T	T	N	N	T	T	P	N	T	T	T	T
Sodium carboxyethyl rosin amine (10 percent solution)	N	N	P	N	P	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	T	N	N	N	N	N	N	N
Emulsified rosin amine derivative (40 percent active)	P	P	N	P	T	T	P	N	P	P	P	P	P	N	N	N	T	T	T	T	T	T	T	T
N (3-aminopropyl) rosin amine D diacetate (28 percent active)	T	T	T	P	T	T	T	T	P	P	P	P	T	T	T	P	T	T	T	T	T	T	T	T
<b>Antibiotics</b>																								
Acti-dione*	P	P	N	N	N	N	N	N	T	T	T	T	T	P	N	N	N	T	T	T	T	T	T	T
Aerosporin-polymyxin B (sulfate)*	P	P	T	T	T	T	T	T	T	T	T	N	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Penicillin G, potassium (crystalline)*	P	P	N	N	T	T	T	T	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Streptomycin sulfate*	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	T	T	N	N	N	N	N	N	N	N	N	T	T	T
Terramycin*	P	P	N	N	T	T	T	T	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	T	P	N	N

\*Obtenidos como productos comerciales.

T - Tóxico S - Estimulante  
 P - Parcialmente tóxico N', P', T' - Se substituyó Gloeocopsis  
 N - No tóxico por Microcystis.

Otra prueba preliminar para busca de algicidas, fué la investigación de Fitzgerald y otros (16), de 300 compuestos químicos y sus efectos sobre las algas azul-verdes; para esta prueba con Microcystis Aeruginosa y Alphanizomenon Flosague. Estas algas se desarrollaron en matraces Erlen Meyer de 125 ml. con 75 ml. de una solución Chu #10, bajo iluminación continua fluorescente, a una temperatura de 22°C. Los productos químicos probados se agregaron cinco días después de la inoculación, cuando los cultivos tenían más de un millón a dos millones de células por ml, y se hallaban entrando a la fase de crecimiento logarítmico. Los efectos de los productos químicos sobre los cultivos, se de terminaron por compresión con los controles. Las células se examinaron al microscopio para determinar los grados de desintegración después de 24 horas de agregado el producto químico y la falla en el crecimiento de los cultivos tratados en subcultivos, se utilizó para determinar las dosis letales mínimas.

Los productos químicos se prepararon en soluciones concentradas y se agregaron porciones alícuotas a los cultivos individuales para obtener las concentraciones deseadas; en las pruebas iniciales se emplearon concentraciones de 10 a 20 mg/lto. Los compuestos que se hallaron tóxicos, se probaron a diluciones mayores, hasta alcanzar la dosis letal mínima. Las substancias químicas halladas como efectivas de acuerdo con estos experimentos iniciales, deberán someterse a estudios más extensivos en laboratorio y campo. Finalmente, deben estudiarse otros factores importantes, tales como su efecto toxicológico sobre organismos terrestres, mamíferos, peces y otros organismos acuáticos, pruebas de degradación y de residuos, facilidad de manejo y costos. Todo lo anterior debe considerarse antes de recomendar los nuevos algicidas para usarse en el agua para abastecimiento de poblaciones.

Algunos de los compuestos químicos más prometedores ( de acuerdo con las pruebas preliminares de selección y estudios de toxicidad ) se presentan en los siguientes párrafos.

**ALGICIDAS PROMETEDORES.** Los resultados de Fitzgerald y otros, indicaron que la 2, 3- dicloro naftoquinona es una algicida - prometedor y que es tóxico a las algas azul-verdes que producen grandes desarrollos.

Mientras que muchos de los compuestos probados fueron tóxicos a concentraciones de 10 a un mg/lto, algunos compuestos de estructura tipo quinona, son tóxicos en concentraciones menores de un miligramo por litro; con el 2, 3- dicloro naftoquinona, la concentración letal es tan baja como 2 microgramos por litro, bajo las condiciones de prueba empleadas.

Este compuesto (2, 3 dicloro naftoquinona) es selectivo, ya que es tóxico para las algas azul-verdes, pero no es tóxico para la mayoría de las algas verdes o plantas acuáticas superiores. En muchas pruebas de corta duración, no tuvo efectos tóxicos en los peces ni en otros organismos acuáticos. Son necesarios estudios más detallados y prolongados para asegurarse de que los peces y otros organismos son resistentes al 2, 3-DNQ. Algunas pruebas de campo en barriles, tanques y lagunas conteniendo crecimientos de algas en aguas de lagos y en aguas negras, indicaron que este compuesto, aún en bajas concentraciones (de 10 a 100 microgramos por litro) fue efectivo eliminando selectivamente las algas azul-verdes productoras de grandes desarrollos, aún cuando se encontrasen estas algas en grandes cantidades. Fitzgerald y Skoog (20) efectuaron pruebas a escala grande, sobre la efectividad del 2, 3-DNQ para controlar los crecimientos excesivos de algas azul-verdes en lagunas de Spaulding, Wisconsin.

Las aplicaciones por aspersion de este compuesto, dieron una concentración final de 0.03 a 0.055 miligramos por litro, eliminando en forma eficiente, aún los grandes crecimientos de las especies de algas verdes-azules. El tratamiento no tuvo efectos dañinos observables en las algas verdes, plantas acuáticas superiores, peces ni zooplancton. Sin embargo, es necesario tener información adicional en lo que se refiere a su aplicación, dosis y frecuencia del tratamiento, antes de que

puedan obtenerse conclusiones definitivas, para determinar si la práctica de usar 2, 3- DNQ mejora al uso de sulfato de cobre, desde el punto de vista de costo y eficiencia. En la tabla 2, se presenta la toxicidad del 2, 3- DNQ a cultivos juvenes de diferentes especies de algas.

En trabajos previos de Palmer y Maloney (17) se desarrolló un método para la selección preliminar de algicidas potenciales. En este procedimiento de búsqueda, se probaron varios compuestos químicos en concentraciones de 2/mg/lto. para determinar su efecto tóxico sobre seis especies de algas representativas. Continuando estos trabajos, Maloney y Palmer (21) han efectuado pruebas mas extensivas con seis de los compuestos químicos que se mostraron como algicidas prometedores.

Las pruebas se diseñaron para indicar: las concentraciones mínimas de sustancia química capaces de controlar las algas, si eran selectivos o generales en sus efectos algicidas así como la toxicidad de c/u. de ellos a los peces.

Los seis compuestos químicos seleccionados para efectuar las pruebas fueron: sulfato de cobre; 2, 3-dicloro naftoquinona, (2, 3 DNQ); cloruro amónico del dodesilacetamido dimetilencil (DAC); acetato de rosinamina D (RADA); sulfato de rosinamina D (RADS) y el dimetil ditio carbamato de zinc (ZDD).

El procedimiento empleado fué muy parecido a el usado en las pruebas preliminares de selección, de los trabajos de Palmer y Maloney (17) con la excepción de que para cada compuesto químico, se usaron catorce concentraciones diferentes, en vez de una sola y cada uno de las diferentes concentraciones, se probaron en 30 cultivos de algas diferentes, en vez de 6 especies.

Para mas detalles sobre el procedimiento y condiciones de pruebas se recomienda al lector, estudiar el trabajo de Palmer y Maloney (21).

Los resultados de las eficiencias relativas de los seis compuestos, se presentan en las tablas 2, 4, y 5. La tabla 3 ---

TABLA 2: Toxicidad de 2, 3 - Dicloronaftoquinona a cultivos juvenes de diversos especies de algas (16).

ESPECIES DE ALGAS:	Superviviencia (porcentaje des pués de tratamiento con 2, 3 dicloronaftoquinona (µ/l)).				
	0	5	10	15	100
<b>Productoras de grandes desarro llos: Azul-verdes.</b>					
Microcystis aeruginosa.	100	0	0	0	0
Microcystis Incerta.	100	0	0	0	0
Anabaena Circinalis.	100	0	0	0	0
Gloeotrichia Echinulata.	100	0	0	0	0
Aphanizomenon Flos Aquae.	100	0	0	0	0
<b>No Productoras de grandes desarrollos: Azul-verdes.</b>					
Anacystis Marina.	100	75	0	0	0
Coccochloris Peniocyctis.	100	100	100	100	-
Gloeocapsa Alpicola.	100	100	100	100	75
Lyngbya Eirger.	100	100	100	100	0
Plectonema Nostocorum.	100	100	100	100	25
Nostoc Muscorum.	100	100	100	75	0
Nostoc Commune.	100	100	100	100	10
Calothrix Parientina.	100	100	100	100	75
<b>Algas Verdes:</b>					
Chlorella Pyrenoidosa.	100	100	100	100	75
Scenedesmus sp.	100	100	100	100	5
Clamydomanas sp.	100	100	100	50	0
Stigeoclonium sp.	100	100	100	100	0
Stichococcus sp.	100	100	100	100	50
<b>Diatomeas:</b>					
(1 especie).	100	100	100	100	50

TABLA 3: Seis Compuestos Químicos Ordenados por Aumento de Toxicidad para Seis Especies de Algas. (21)

ESPECIES DE ALGAS.	Orden de Toxicidad por cada especie:					
	CuSO <sub>4</sub> 5 H <sub>2</sub> O	2,3- DNQ	DAC	RADA	RADS	ZDD
<b>Algas Azul-Verdes:</b>						
Calothrix Braunii.	5.5	5.5	3.5	1.5	3.5	1.5
Cylindrospemum-licheni forme.	4.5	6.0	4.5	2.5	2.5	1.0
Microcystis Aeruginosa.	4.0	4.0	6.0	2.0	4.0	1.0
Nostoc Muscorum.	6.0	3.5	3.5	1.0	3.5	3.5
Phormidium Tenue.	5.0	6.0	1.0	3.0	3.0	3.0
Plectonema Nostocorum.	2.5	2.5	4.5	4.5	6.0	1.0
Symploca Erecta.	6.0	5.0	2.0	1.0	3.5	3.5
<b>T o t a l.-</b>	<b>33.5</b>	<b>32.5</b>	<b>25.0</b>	<b>15.5</b>	<b>26.0</b>	<b>14.5</b>
<b>Algas-Verdes:</b>						
Ankistrodesmus Falcatus	2.5	6.0	4.5	4.5	2.5	1.0
Ankistrodesmus Falcatus Acicularis.	5.5	5.5	2.0	2.0	4.0	2.0
Chlamydomonas Communis.	5.5	5.5	2.0	4.0	2.0	2.0
Chlamydomonas Paradoxa.	5.0	5.0	2.5	2.5	5.0	1.0
Chlorella Variegata.	2.0	6.0	2.0	2.0	4.5	4.5
Chlorococcum Botryoides.	3.5	6.0	3.5	1.0	3.5	3.5
Chlorococcum Hunicola.	2.5	6.0	4.5	2.5	4.5	1.0
Coccomtxa Simplex.	1.0	6.0	2.0	3.5	5.0	3.5
Coelastrum Proboscideum.	4.0	6.0	2.0	4.0	4.0	1.0
Gloeocystis Grevillei.	4.0	6.0	4.0	1.0	2.0	4.0
Mesotaenium Caldariorum.	5.0	6.0	2.0	4.0	2.0	2.0
Oocystis Lacustris.	5.0	6.0	1.0	3.0	3.0	3.0
Oacystis Marsonii.	4.5	6.0	1.0	2.5	4.5	2.5
Scenedesmus Basilensis.	4.5	6.0	1.0	2.5	4.5	2.5

Continúa.

TABLA 3: Seis Compuestos Químicos Ordenados por Aumento de Toxicidad para Seis Especies de Algas, (21) **Continuación.**

ESPECIES DE ALGAS.	Orden de Toxicidad por cada especie:					
	CuSO <sub>4</sub> 5 H <sub>2</sub> O	2,3-DNQ	DAC	RADA	RADS	ZDD
<b>Algas-Verdes:</b>						
Scenedesmus Obliquus.	5.5	6.0	1.0	3.5	2.0	3.5
Spharella Lacustris.	4.0	6.0	5.0	1.0	3.0	2.0
Stigeoclonium Nanum.	5.0	6.0	2.5	2.5	4.0	1.0
T o t a l.-	68.5	100.0	42.5	46.0	60.0	40.0
<b>Diatomeas:</b>						
Achnanthes Linearis (1).	5.0	6.0	4.0	2.5	2.5	1.0
Achnanthes Linearis (2).	5.5	5.5	3.5	2.0	3.5	1.0
Gomphonema Parvulum.	3.5	6.0	5.0	3.5	2.0	1.0
Nitzschia Palea (1).	4.0	6.0	5.0	2.0	2.0	2.0
Nitzschia Palea (2).	5.5	5.5	3.5	3.5	2.0	1.0
Nitzschia Palea (3).	5.0	5.0	2.5	2.5	5.0	1.0
T o t a l.-	28.5	34.0	23.5	16.0	17.0	7.0
Gran T o t a l.-	130.5	166.5	91.0	77.5	103.0	61.5

TABLA 4: Porcientos de Especies de Algas, Controladas. (21)

Compuestos Probados.	o/o de especies controladas.				
	Conc. mg/l.	Az-Verdes (7 esp.)	Verdes (17 esp.)	Diatomeas (6 esp.)	Todas las especies. (30 esp.)
Sulfato de Cobre (CuSO <sub>4</sub> 5 H <sub>2</sub> O)	2.00	57	35	100	53
	1.00	43	29	50	37
	0.50	28	0	33	13
	0.25	0	0	0	0
2,3-Dichloro naphoquinona (2,3-DNQ)	2.00	43	6	83	30
	1.00	43	0	17	13
	0.50	28	0	0	7
	0.25	0	0	0	0
Dodecylacetamido Dimethyl Benzyl Ammonium Chloride (DAC)	2.00	100	76	100	87
	1.00	57	59	100	67
	0.50	14	29	33	27
	0.25	14	0	0	3
Acetato de Rosin Amine D (RADA)	2.00	100	82	100	90
	1.00	86	47	100	67
	0.50	57	18	100	43
	0.25	14	12	50	20
Sulfato de Rosin Amine D (RADS)	2.00	86	53	100	70
	1.00	57	29	100	50
	0.50	28	24	67	33
	0.25	0	0	67	13
Dimetil ditio carbamato de-zinc (ZDD)	2.00	100	88	100	93
	1.00	86	47	100	67
	0.50	57	35	100	53
	0.25	43	18	100	40