

La química detrás de lo cotidiano. Aspectos novedosos y de interés general sobre la química y su impacto social. La enseñanza de la química a través de lo aparentemente banal, pero altamente motivador.

La química en el jardín

Rebeca Sandoval*

Mucho se ha comentado últimamente acerca de la disminución de la matrícula en áreas científicas, en los niveles superiores de educación. Un signo de este fenómeno es el rechazo de las asignaturas optativas relacionadas con las ciencias, por los estudiantes de la enseñanza media. En el caso particular de la química, la consideran difícil, abstracta y teorizante, que les exigirá mayor dedicación y esfuerzo, y que posiblemente les cause frustración al obtener una calificación que, además de juzgar injusta, les abata el promedio.

Todo esto se agrava al confundirse información y actualidad con educación, y hacerse ello manifiesto en el diseño de los planes de estudio, particularmente en los niveles medios, lo que *ahuyenta más que atraer a los alumnos al campo de la química*.

También se piensa de la química que es *maligna*, y en cierta medida se atribuye a ello que los jóvenes, en el desconcierto de la difícil etapa en que supuestamente se manifiesta su vocación, la rechazan, y en su idealismo se inclinan por salidas que consideran social y humanitariamente elevadas y trascendentales.

Decir que la química es maligna, porque el ser humano y su ambiente son amenazados o exterminados por fenómenos químicos, es atribuir a esta ciencia los pecados del hombre. Con esta misma connotación podría decirse que las religiones también son malignas, ya que en su nombre se ha aniquilado, ultrajado y humillado, para satisfacer las ambiciones y caprichos de aquellos que detentan el poder o que son marionetas de ideas enajenantes, sin voluntad propia.

Lo maligno, lo pernicioso, es el ejercicio equivocado del poder en nombre de supuestos valores.

Parte de nuestros afanes como maestros es colaborar para cambiar estas ideas, y hacer patente que la química es una de las disciplinas que permite aprove-

char el potencial de la naturaleza, a la vez que proporcionar el placer de la aventura en el conocimiento. Además, que es hermosa y contiene aún muchos misterios por develar. Esto es lo que atrae de ella y lo que casi siempre se encuentra en el fondo de la vocación.

Por otro lado, nosotros como docentes que nos dedicamos a la enseñanza de la química en sus diferentes áreas, de acuerdo con las teorías del aprendizaje, hemos tratado de enseñar conforme a las nuevas tendencias y de recurrir a la tecnología educativa para ordenar nuestro trabajo y ser mejores maestros.

Pero, al fin químicos, frecuentemente nos perdemos en los términos y conceptos pedagógicos; la información y las modas científicas nos abruman, o las costumbres nos hacen repetirnos indefinidamente.

Inmersos en el diario quehacer e infundidos de ideas sobre educación, en el proceso enseñanza-aprendizaje solemos olvidar la importancia del amor al conocimiento, el contagio del entusiasmo del que enseña al que aprende, la identificación del que aprende con el que enseña y viceversa, la curiosidad, la disposición al trabajo, es decir: *la química misma del interés, de la afinidad, de la pasión*, por la química.

Se aprende porque se ama, en su sentido más amplio, al que enseña, llámese padre o mentor.

Cuando el aprendizaje es voluntario, los niños aprenden tanto por su enorme curiosidad como por su necesidad de reconocimiento. También en esta etapa, se aprende porque cuerpo y mente se asocian para conservarse recíprocamente, lo más frecuente en actos involuntarios; se aprende a no quemarse, a no dañar el cuerpo, etcétera.

Pero del aprendizaje por amor, se debiera pasar al amor al aprendizaje o más directamente al amor al conocimiento.

El conocimiento es una de las fuentes en la que se satisfacen necesidades y emociones. ¿Por qué los que

*Facultad de Química, UNAM, 04510, México, D.F.

Recibido: 23 de noviembre de 1990; Aceptado: 20 de marzo de 1991.

enseñamos no hacemos intervenir nuestras emociones, el placer por lo aprendido, además de los conocimientos? ¿Por qué no despertamos el interés o tratamos de satisfacer la curiosidad natural, además de sensibilizar al que aprende hacia el conocimiento, abriéndole nuevos mundos?

Demostremos que la química no es difícil, que no es sólo abstracta, y ya, que no es maligna. Descubrámosla a nuestro paso por el mundo, entusiasmemos a nuestros estudiantes. En esta ocasión, los invito a conocer la química en el jardín.

Invitemos a uno o varios estudiantes, niños o jóvenes, a dar un paseo por un jardín en el que existen césped, flores y algunos árboles. Determinemos mentalmente la profundidad adecuada de los conocimientos, seamos amigos de nuestros acompañantes e identifiquémonos con ellos.



Figura 1. Encontramos la química en el jardín.

Me inclino a pensar que lo más llamativo es la diversidad de los colores. Un mundo iluminado por los carotenoides, las antocianinas y los flavonoides, entre otras familias de compuestos.

Los carotenoides (figura 2) son sustancias generalmente solubles en grasas y no en agua. En ellos, la gama

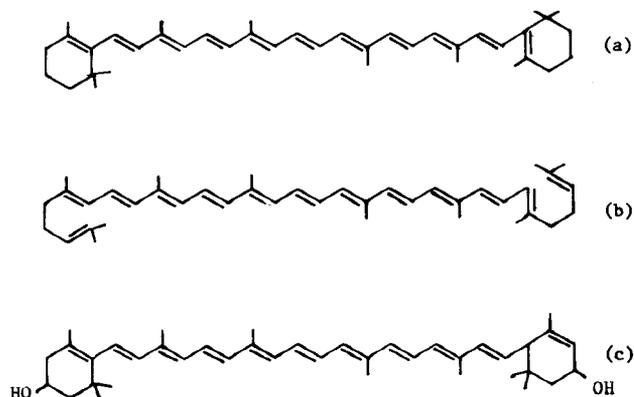


Figura 2. Los carotenoides iluminan el jardín. a) β caroteno ($C_{40}H_{56}$), constituye el 0.1% de las hojas desecadas, b) licopeno ($C_{40}H_{56}$), se encuentra en los frutos maduros, especialmente en los jitomates, c) xantofila ($C_{40}H_{56}$, luteína vegetal), se encuentra en el cempoalxóchitl o cempazúchil, llamada vulgarmente "flor de muerto". Los carotenoides funcionan como receptores de la luz, utilizada posteriormente en la fotosíntesis; además actúan como protectores de la clorofila, ya que evitan su descomposición por la luz de longitudes de onda pequeña.

de los colores va desde el amarillo hasta el rojo. Hacen patente su presencia en los tomates (nuestros jitomates), en los chiles, en los plátanos y en los duraznos. Los colores no son homogéneos, son mezclas de verde, amarillo y naranja, y en tomates y chiles llegan hasta el rojo. En este momento podríamos mencionar una lista de otros productos vegetales que tienen estos compuestos y la variedad correspondiente. ¿Quién, por ejemplo, no conoce el cempazúchil o cempoalxóchitl (*Tagetes erecta*), notable por su presencia en las ofrendas del día de muertos?; esta flor se utiliza como alimento para las aves de corral y su naranja brillante se hace presente en las yemas de los huevos, lo cual demuestra la solubilidad de los carotenos en las grasas.

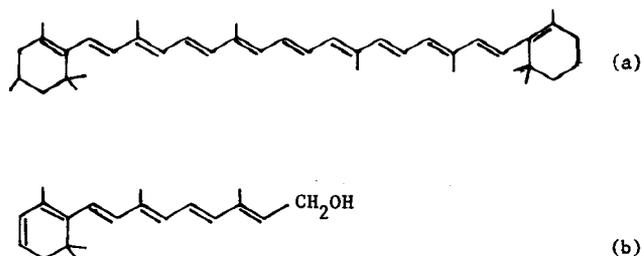


Figura 3. a) criptoxantina ($C_{40}H_{56}$), se encuentra en las papayas y en las naranjas, b) Vitamina A, retinol. El hígado convierte a la criptoxantina, y en general a los carotenoides, en vitamina A. Por esta razón, a estos compuestos se les considera como "precursores de vitamina A".

La papaya y las bellas y ricas naranjas también deben su color a un carotenoide llamado criptoxantina (figura 3). Si tomamos una naranja en nuestra mano y la apretamos, tiñe nuestra piel una sustancia aceitosa

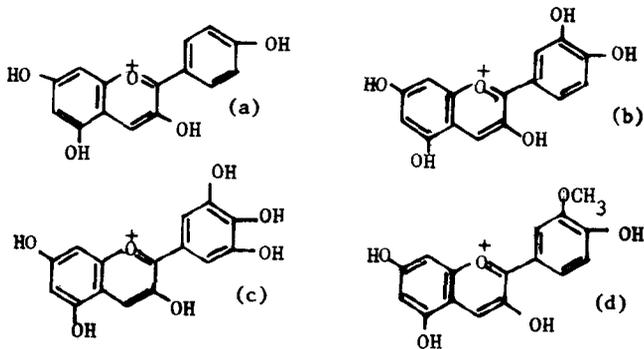


Figura 4. a) Pelargonidina (roja), presente en las dalias, b) cianidina (roja), se encuentra en las rosas rojas, c) delfinidina (morada), se encuentra en las violetas, d) peonidina, presente en las peonías rojas.

en la cual se encuentra la criptoxantina.

Pero los carotenoides no sólo dan belleza, sino que más tarde se convertirán en una de las principales vitaminas: la vitamina "A".

En nuestro paseo continuamos viendo color: las rosas, las petunias, los belenes, los geranios y otras muchas flores, cuyos nombres no recordamos, muestran sus rojos, naranjas, morados, azules, etcétera. Muchos de ellos se deben a las **antocianinas** (figura 4), otro grupo de compuestos que adornan el jardín. Entre estas sustancias se encuentran la pelargonidina que da el color rojo escarlata de algunas flores, la delfinidina que es de color morado y se encuentra en las violetas, y la peonidina, de color rojo, que debe su nombre a haberse encontrado en las peonías. Este grupo de compuestos pueden disolverse en agua o en alcoholes y formar extractos que cambian de color con la acidez. Así, el extracto de las rosas cambia de rojo a amarillo si se le agrega jugo de limón o vinagre. Puede sugerirse a los estudiantes que realicen un experimento con las flores de nochebuena, para que observen que el color cambia de rojo escarlata a verde brillante cuando se modifica la acidez.

Por lo que respecta a los **bioflavonoides**, son pigmentos que abundan en la naturaleza, generalmente de color naranja o amarillo. Son glucósidos derivados de la flavona, cuya estructura química es similar a la de las antocianinas. Estos compuestos se encuentran en la cáscara de los limones, toronjas, mandarinas y naran-

jas, y se ha dicho que son buenos para la prevención de las gripes. Un ejemplo de bioflavonoide cítrico es la vitamina P. Actualmente estos compuestos y sus derivados han adquirido mucha importancia. Por ejemplo, una modificación química de la naringina (obtenida de la cáscara de las toronjas), que es amarga, se transforma en un producto con un poder edulcorante 1500 veces mayor que el de la sacarosa (figura 5).

Si en el jardín encontramos una pequeña mata de café, podemos observar que sus frutos se oscurecen (no por la tostación) al igual que la pulpa de las manzanas, peras y membrillos, debido a la presencia de los **taninos**, que además son los causantes del sabor y de sus propiedades astringentes. Los taninos también se encuentran en la uvas y en sus productos: los vinos.

Estos compuestos tienen en sus estructuras al ácido gálico, y las leucoantocianinas —que son algunos de sus derivados— forman polímeros que son los responsables del sabor astringente de algunas frutas inmaduras como plátanos, peras, manzanas y uvas.

Si en nuestro jardín existe un pequeño huerto, es posible que tengamos algún betabel, cuyo característico color se debe a que contiene pigmentos rojos (betacianinas) y amarillos (betaxantinas). La betanidina (figura 6) es el principal responsable del color del betabel.

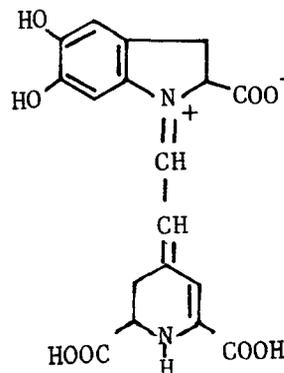


Figura 6. La betanidina es la betalaina responsable del color característico del betabel.

Hoy, los productos naturales del betabel son muy apreciados debido a que muchos colorantes rojos artificiales o son cancerígenos o son causantes de numerosas

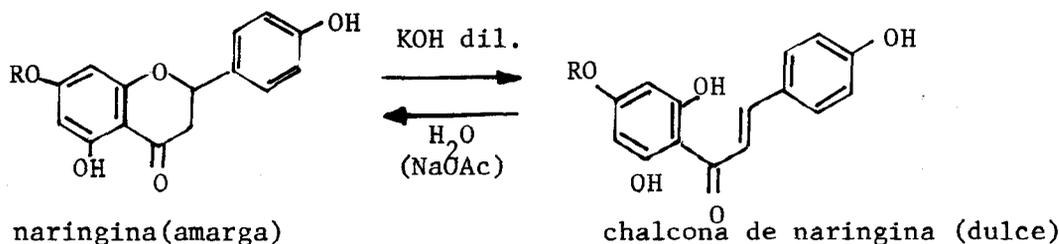
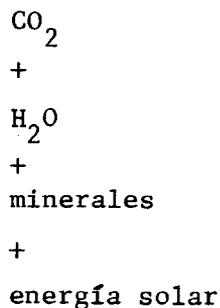
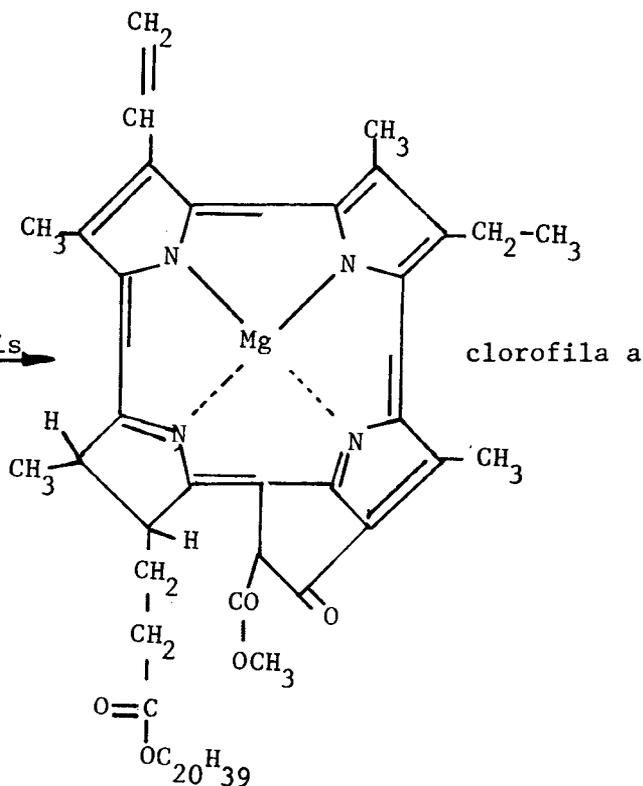


Figura 5. La naringina se encuentra en la cáscara de los cítricos, principalmente en la de las toronjas.

FOTOSINTESIS



Fotosíntesis →



RESPIRACION



Figura 7. Fotosíntesis y respiración. La clorofila es formada por las plantas durante la fotosíntesis, a partir de bióxido de carbono, agua, minerales y energía solar (luz). La clorofila es un almacén de energía.

Pero las plantas también respiran, y durante este proceso se consume oxígeno y se forma bióxido de carbono. En muchas plantas estos dos procesos: fotosíntesis y respiración, ocurren al mismo tiempo.

alergias. Pero el jardín es principalmente de color verde y esto se debe a la presencia de la tan conocida **clorofila**. En este momento se puede hacer referencia a la importancia de la fotosíntesis, al ciclo del carbono y a la respiración (figura 7).

Pero no todo en el jardín es color, el ambiente es rico en olores. Los olores de los limones, de las flores, etcétera, llegan a la parte sensible de nuestra nariz (mucosa olfatoria) por medio de moléculas, pequeñísimas partículas volátiles que incitan nuestro sentido y el de muchos insectos, como abejas y hormigas.

Estas moléculas llegan a nuestra nariz y son capaces de estimular el nervio olfatorio para que mande un mensaje al cerebro y se despierte apetito, agrado o repulsión, como sucede cuando encontramos algunas orugas de mariposas, que al sentirse molestadas, desprenden olores repugnantes. Algunos frutos como los limones tienen un olor que se debe particularmente a

una esencia llamada **citronela** (figura 8) que es un repelente de los insectos y que ha sido utilizada en productos comerciales con este fin. Tal vez por ello es

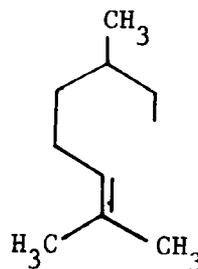


Figura 8. El citronelal, es el principal constituyente del aceite de citronela.

En fin, la industria de la perfumería presenta aspectos interesantísimos y se podría seguir hablando más de ello, pero no se debe olvidar que la intención es despertar inquietudes en los estudiantes.

Pero, regresando al jardín, no debe perderse de vista que para mantenerlo hermoso se le debe cuidar. En principio, darle el agua adecuada, (aquí se puede hacer énfasis en el equilibrio que mantiene enhiestos los tallos y evita que las plantas se "marchiten") y, además, proporcionarle los fertilizantes necesarios: nitrogenados, fosforados, etcétera.

He aquí un enorme campo para hablar de la fijación de nitrógeno, de la producción de amoníaco, de ácido nítrico y nitratos, de sulfato de amonio, etcétera. Se puede continuar con fertilizantes que proporcionan fósforo, mencionar la preparación de ácido fosfórico y fosfatos. Se puede hablar, en fin, de los elementos menores y su importancia en la vida de las plantas.

Valdría la pena analizar cómo entran en la planta los fertilizantes y su relación con la solubilidad de ellos en agua, la importancia del pH del suelo, etcétera.

Hay que hacer hincapié en que además de fertilizantes, el jardín debe mantenerse sano, ayudándole a extinguir las plagas con las que lucha con sus propias fuerzas. Aquí intervienen los insecticidas y los fungicidas.

Ya hablamos de un repelente natural, la citronela, pero existen numerosos insecticidas fabricados por el hombre con los que es necesario tener cuidado pues, además de dañar a los animales inferiores como los insectos, perjudican al hombre y a otras especies que son los guardianes del jardín.

Los insecticidas, por definición, son sustancias que matan a los insectos. Los hay de contacto, venenos estomacales y fumigantes.

Los de contacto matan a los insectos en algún momento de su ciclo vital. La nicotina que se usa para matar áfidos u otros insectos blandos; el piretro y el DDT (figura 12), pertenecen a este tipo. Los dos primeros son naturales y el último, que tiene la característica bien sabida de tener acción residual, no es natural. Los venenos estomacales actúan cuando son ingeridos por los insectos; entre los más antiguos se encuentran el

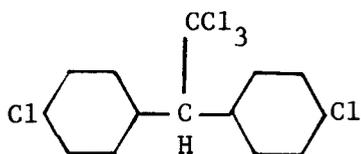


Figura 12. El DDT, uno de los más populares insecticidas, ha dejado de utilizarse por su toxicidad en los animales superiores y en el hombre.

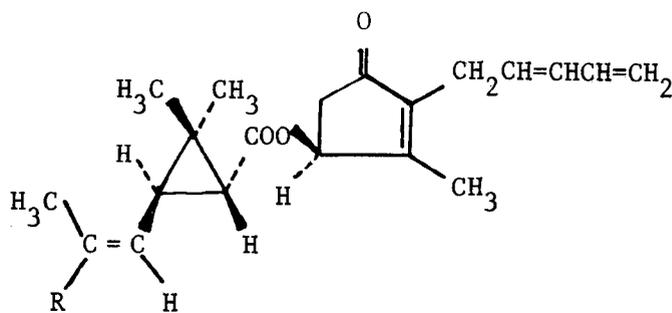


Figura 13. Las piretrinas son el constituyente activo del insecticida preparado con las flores del piretro.

arseniato de plomo y el verde de París.

Los fumigantes destruyen a los insectos por su acción en fase gaseosa. Pueden ser líquidos o sólidos pulverizados; entre ellos tenemos el bromuro de metilo, el sulfuro de carbono, y el *p*-diclorobenceno.

Algunos de los insecticidas actúan de varias formas; por ejemplo, la nicotina es un veneno estomacal y también se aplica como fumigante.

Algunos insecticidas son típicamente inorgánicos como los óxidos de arsénico, los arseniados de calcio, el verde de París (mezcla de metarsenito de cobre y acetato de cobre), el arseniato de plomo, y otros arsenicales diversos. También son insecticidas inorgánicos varios compuestos de flúor como el fluoruro de sodio y algunos fluosilicatos y fluoaluminatos, el bórax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ y el ácido bórico, que impiden el desarrollo de la larva de la mosca casera en los montones de estiércol, y que sirven como cebos para cucarachas. También se han empleado como insecticidas el mercurio metálico, los compuestos de mercurio (I) y de mercurio(II). Los compuestos de selenio y de talio también funcionan como insecticidas, al ser absorbidos por algunas plantas que resultan en esta forma venenosas para los insectos fitófagos. Sin embargo, este tipo de compuestos también resultan venenosos para el hombre, por lo que sólo se usan en los invernaderos.

Son insecticidas orgánicos naturales: el piretro (figura 13) ya conocido por los antiguos persas; el tabaco que se ha usado desde hace más de 300 años, y la rotenona. Estos insecticidas son menos tóxicos para los animales superiores que los no naturales.

De los desechos del tabaco se extrae la nicotina, que es el principio activo del insecticida. El piretro consiste de flores molidas, del tipo de las margaritas (*Chrysanthemum coccineum* y el *C. cinerariaefolium*), y sus principios activos son las piretrinas y las cinerinas.

Las rotenonas y los rotenoides se encuentran en algunas plantas tropicales o semitropicales que se utilizaban para matar a los peces. Plantas de las especies *Lochocarpus* (figura 14) se encuentran principalmente en Centroamérica, Sudamérica y en ciertas partes de

México. También los aceites de alquitrán, y los del petróleo se usan como insecticidas.

Entre los insecticidas no naturales clorados se encuentran el DDT, el metoxiclor, el hexacloruro de benceno, el clordano y el aldrín. También son insecticidas algunos derivados del fósforo como el el pirofosfato tetraetilico y sus afines, el paratión, el tiofosfato de *o,o*-dietilo o de *o,p*-nitrofenilo. Existen insecticidas nitrogenados que por su alta toxicidad en animales superiores, como el DNOC (dinitro ortocresol) sólo se utiliza como herbicida.

La química de los insecticidas también es muy amplia y por lo tanto quedaría mucho por revisar.

Los fungicidas son los exterminadores de hongos y su acción es más bien preventiva ya que deben aplicarse de preferencia antes de que la infección se haya establecido, o por lo menos antes de que haya progresado demasiado.

Los fungicidas deben disolverse para que el hongo los incorpore. Se aplican suspendidos en agua o en polvo, y pueden actuar en forma externa o sistémica.

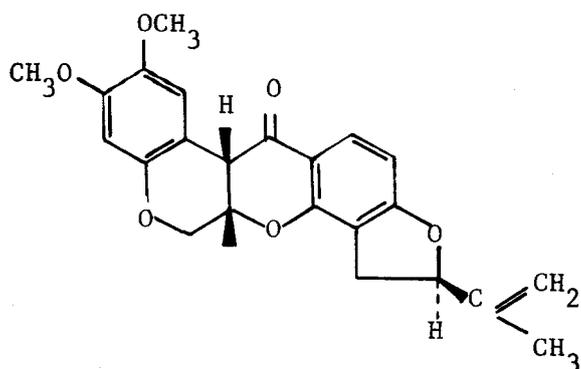


Figura 14. La rotenona es el principal constituyente del insecticida obtenido de la leguminosa *Lonchocarpus nicou*.

Los primeros fungicidas fueron el azufre elemental y algunos compuestos de mercurio y de cobre. Existen tres tipos principales de fungicidas, los derivados de metales pesados, los de azufre y polisulfuros, y algunos compuestos orgánicos.

Existe un fungicida cuyo origen, como el de muchos otros productos, fue fortuito. A fines del siglo XIX, se descubrió en la ciudad de Burdeos que la enfermedad del añublo de la vid no se producía en hojas tratadas con una mezcla de cal y sulfato de cobre, que por su aspecto desagradable se aplicaba para que no se robaran las

uvas. Algunos consideran que la fórmula de este preparado es: $4\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. A este producto se le reconoce todavía como caldo bordelés y sigue siendo efectivo, aun cuando ha sido sustituido por otros más complejos. También se usan otras sales de cobre, como los carbonatos y el óxido cuproso, así como los compuestos de mercurio, las sales de cinc y sustancias que contienen varios metales pesados, como por ejemplo la siguiente:

$6\text{CdO} \cdot 100\text{CaO} \cdot 25\text{CuO} \cdot 10\text{ZnO} \cdot 25\text{SO}_3 \cdot 10\text{CrO}_3 \cdot 170\text{H}_2\text{O}$, que se utiliza para enfermedades del césped.

También son empleados como fungicidas el azufre y algunos polisulfuros.

Entre los fungicidas orgánicos, el primero que se usó fue el formaldehído. Actualmente se emplean los derivados de los ditiocarbamatos (compuestos de azufre), los clorados como el cloranil, los clorofenoles, y quizás el más antiguo de los nitrogenados: la 8-hidroxi-quinolina.

¡Cuántas sorpresas nos depara la química en el jardín! Pero el poco tiempo disponible para la exposición de los temas, el nivel de los estudiantes y nuestras propias limitaciones, son las principales barreras a la enseñanza; y a pesar de ello me uno a los estudiantes que dicen haberse acercado a la química porque ella les ha permitido descubrir lo maravilloso de sus misterios, así como el paseo por el jardín nos ha colocado en un mundo químico ni siquiera imaginado. Tratemos de conservar en nuestros estudiantes la sensación de placer y aventura que tuvieron cuando se acercaron a la química y borremos la imagen depresiva de una ciencia destructiva, pensemos que nosotros mismos somos química, naturaleza, vida y movimiento: transformación. Sembremos en los alumnos la semilla de la duda, fomentemos su capacidad de asombro y su disquisición para que investiguen más allá de lo que nuestro pequeño paseo pudo lograr. Son "la sal de la tierra". Evitemos que se vuelvan insípidos.

Bibliografía

- Badui, S.D., *Química de los alimentos*, Alhambra Mexicana, México, 1981, p. 269-316.
- Kirk, R.E., Othmer, D.F., *Enciclopedia de tecnología química*, Unión Tipográfica Ed. Hispano Americana, México, 1962, 5: 117-496; 7: 937-1013; 8: 647-672; 9: 646-657; 11: 886-917.
- Martínez, M., *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1979, p.179.
- Romo de Vivar, Alfonso, *Productos naturales de la flora mexicana*, Ed. Limusa, México, 1985.
- MercK and Co. Inc., *The MercK Index*, USA, 1976, p.156, 165, 236, 237, 274, 301, 350, 377, 403, 835, 916, 926, 1032, 1062 y 1298.