

La supermolécula, el dimetil sulfóxido: ¿un nuevo regulador del crecimiento vegetal?



El dimetil sulfóxido es un disolvente bien conocido. Hoy se ha descubierto que, además de propiedades antiinflamatorias, también interviene en las plantas como un regulador natural del crecimiento.

Dora María Álvarez Caro y Alfonso Larqué-Saavedra

El dimetil sulfóxido es conocido desde 1953 por sus propiedades como un “súper disolvente” y por su capacidad de penetrar fácilmente en los tejidos animales y vegetales. Debido a sus propiedades antiinflamatorias y analgésicas se ha empleado en medicina y veterinaria (EPA, 1997 y Muir, 2001). Estas últimas características fueron reportadas desde la década de los sesenta, por Jacob y colaboradores (Smale y colaboradores, 1975). A partir de allí creció el interés por su aplicación en investigaciones químicas, bioquímicas y en la industria agrícola, farmacéutica, petroquímica y electrónica, entre otras

PROPIEDADES DEL DIMETIL SULFÓXIDO

El dimetil sulfóxido, o sulfóxido de dimetilo, es un líquido orgánico soluble en agua cuya mo-

lécula tiene forma piramidal, con átomos de azufre, oxígeno, carbono e hidrógeno. En su extremo superior posee un par de electrones que le permite disolver sustancias polares, cuyas moléculas tienen cargas eléctricas, ya que las partículas con carga negativa son separadas de las positivas por el disolvente (Szmant, 2001).

Su habilidad de penetrar los tejidos sin causar daño podría estar relacionada con su capacidad para formar enlaces de hidrógeno (uniones químicas débiles que se forman entre moléculas como el agua y otras) y a su estructura pequeña y compacta; por esto se asocia con el agua, las proteínas, los carbohidratos, los ácidos nucleicos, las sustancias iónicas y otros constituyentes de los sistemas vivos (Szmant, 2001). Su habilidad como transportador varía de acuerdo a su concentración en la solución; concentraciones de 70 a 90 por ciento han sido eficientes para atravesar la piel, aunque por arriba del 90 por ciento se disminuye su transporte. Todo esto depende además del peso molecular, la forma y la carga de la molécula a transportar. Así, ha sido más eficiente el transporte de algunos fármacos de bajo peso molecular como la morfina, la penicilina, los esteroides

y la cortisona, que el de la insulina, de mayor peso molecular. Esta cualidad permitiría al dimetil sulfóxido actuar como un nuevo “sistema de distribución” de fármacos, que disminuiría el riesgo de infección ocurrido cuando la piel es penetrada (Muir, 2001). De igual forma, en agricultura se ha empleado como disolvente de sustancias como la oxitetraciclina, que ayuda a reducir las manchas bacterianas en duraznos (Keil, 1967, en Gutiérrez-Coronado y colaboradores 2003). Su propiedad de atravesar la membrana también ha sido objeto de estudios en la captación de nutrimentos y pesticidas (Smale y colaboradores, 1975).

Por todo lo anterior, es posible encontrar más de 40 mil publicaciones sobre las propiedades del dimetil sulfóxido (Muir, 2001). Dada su importancia y vasto uso, es producido de manera comercial; sin embargo, ésta podría ser una de las razones por las que se conoce menos su producción en forma natural, así como su función en la naturaleza. En la actualidad se abre un nuevo camino en la investigación biológica: su posible desempeño como regulador del crecimiento vegetal.

PRODUCCIÓN Y DEGRADACIÓN NATURAL DEL DIMETIL SULFÓXIDO

La producción del dimetil sulfóxido en la naturaleza posiblemente se lleve a cabo a partir de su precursor, el dimetilsulfoniopropionato, el cual se encuentra dentro de las algas microscópicas que flotan en el océano (fitoplancton), donde a través de procesos de descomposición es liberado a la atmósfera. Allí, tanto las bacterias que usan el oxígeno como las que no lo usan efectúan la descomposición del dimetilsulfoniopropionato a dimetilsulfuro. El dimetilsulfuro reacciona con la luz y con el oxígeno para originar dimetil sulfóxido y otras sustancias que participan en la formación de nubes, por lo que el vapor de agua las absorbe y las expulsa en forma de lluvia. Así, cantidades muy pequeñas caen a la tierra y son absorbidas por las plantas o retornadas al mar (Lee y Mora, 1999).

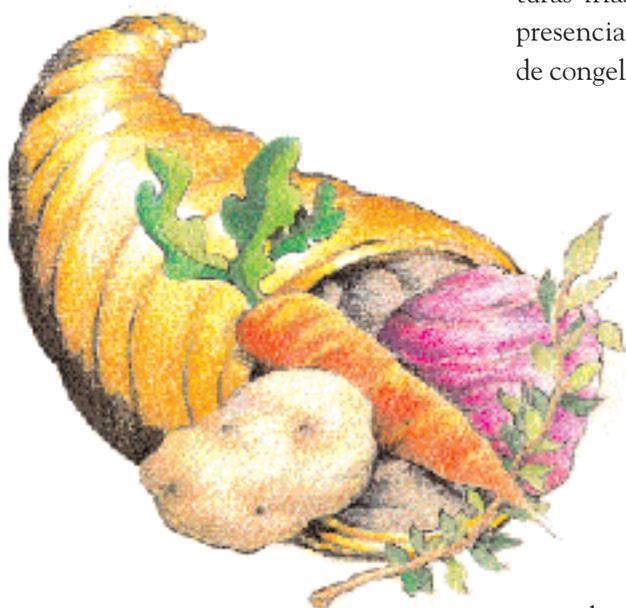
Los especialistas en cultivos agronómicos han reportado el papel del dimetil sulfóxido en la absorción de nutrimentos y pesticidas a través del follaje y de las raíces (Smale y colaboradores, 1975). Una vez que es absorbido, el dimetil sulfóxido no se acumula en los tejidos, sino que es incorporado en constituyentes normales de las plantas, como

aminoácidos azufrados y proteínas (EPA, 1997). De estos procesos metabólicos también resulta la formación de la dimetilsulfona y el gas dimetilsulfuro. Este último se libera a la atmósfera y, como dijimos, tiene una función importante en el transporte de azufre desde el océano a la tierra (Smale y colaboradores, 1975). Además, es encontrado extensivamente en la naturaleza (en plantas, atmósfera, lagos y océanos) y es responsable de las características de olor de muchos alimentos; se han identificado emisiones de dimetilsulfuro provenientes de ajo, soya, té, maíz y tomate. En este sentido, no es sorprendente encontrar dimetil sulfóxido en frutas, vegetales y bebidas (Pearson y colaboradores, 1981).

Dado que el dimetil sulfóxido se encuentra naturalmente en la mayoría de las frutas, los



El dimetil sulfóxido se encuentra en ambientes acuáticos y marinos, donde está disuelto. Allí, una vez formado, actúa como un crioprotector



vegetales y los granos, es rápidamente metabolizado y eliminado. En humanos y animales se excreta en la orina y en las heces, eliminándose a través de la respiración y de la piel con un olor característico a ajo. Por su baja toxicidad es prácticamente inocuo cuando se ingiere o se aplica a través de la piel. No obstante, la compañía Gaylor cree apropiado considerar los riesgos potenciales, tales como las reacciones alérgicas, en aquellas personas que pudieran ser susceptibles al dimetil sulfóxido (EPA, 1997).

PRESENCIA EN LA NATURALEZA Y SUS EFECTOS

Hay pocos reportes de la presencia del dimetil sulfóxido en la naturaleza; sin embargo, en un estudio realizado para probar su existencia en alimentos, se encontró que en la mayoría de granos y vegetales en donde se le buscó, se hallaba en bajas concentraciones, entre 0.05 a 0.36 partes por millón (Pearson y colaboradores, 1981). Igualmente se ha encontrado en aceite de hierbabuena, cereales y aguas naturales, probablemente como producto del metabolismo de las algas microscópicas del océano (Andreae, 1980b). Además, en vino recién embotellado se observó que el dimetil sulfóxido se originaba antes de la formación de su supuesto precursor, el gas dimetilsulfuro (Lee y Mora, 1999).

El dimetil sulfóxido se encuentra en ambientes acuáticos y marinos, donde está disuelto. Allí, una vez formado, actúa como un crioprotector (protege a los organismos de temperaturas frías extremas). Lee y Mora (1999) mencionan que la presencia del dimetil sulfóxido en el agua disminuye el punto de congelamiento, evitando los daños celulares causados por las

bajas temperaturas; también, permite el paso selectivo de sustancias a través de la membrana celular (regula la presión osmótica, especialmente en organismos que habitan ambientes fríos). Al respecto, un trabajo reportado por estos autores detectó la difusión de iones en un sistema que posee dimetil sulfóxido y agua a temperaturas en las cuales el sistema debería estar congelado. Otras de sus funciones (Lee y Mora, 1999) son las de atrapar iones nocivos para los organismos vivos (radicales libres) y modificar intracelularmente la estructura de las proteínas, como también de los electrolitos (moléculas que al disolverse en agua se separan en partículas con

carga negativa y positiva, llamadas respectivamente aniones y cationes).

DIMETIL SULFÓXIDO: UN REGULADOR DEL CRECIMIENTO VEGETAL

Existen en las plantas sustancias que actúan como mensajeros químicos con la habilidad de afectar sus procesos fisiológicos (crecimiento, diferenciación, desarrollo y control de los estomas) a concentraciones tan bajas, que ni los nutrientes ni las vitaminas influirían (Davies, 1998). Estas sustancias se conocen como hormonas vegetales o reguladores del crecimiento vegetal, aunque estos últimos han sido considerados por la industria agroquímica como reguladores *sintéticos* del crecimiento para distinguirlos de los producidos por las plantas (Davies, 1998). Se conocen dos grupos de reguladores del crecimiento vegetal: los tradicionales, a los que pertenecen las auxinas, giberelinas, citoquininas, el ácido abscísico y el etileno, y los no tradicionales, que incluyen las poliaminas, jasmonatos, brasinoesteroides y el ácido salicílico (Davies, 1998). No obstante, a pesar de los múltiples usos para el dimetil sulfóxido, son pocos los trabajos en los cuales se ha empleado como un regulador del crecimiento vegetal y hasta el presente no se le ha considerado como tal.

En México, en el Colegio de Posgraduados de Chapingo, desde la década de los setenta se iniciaron las investigaciones del dimetil sulfóxido (en combinación con la aspirina) como un regulador del crecimiento vegetal, para aplicarlo en el mejoramiento de la producción de los cultivos. Allí se logró demostrar que al rociar estas sustancias sobre las hojas a bajas concentraciones se alteró el enraizamiento, la propagación, la inducción a floración, el control del tamaño de la planta y la iniciación o inhibición del letargo de las semillas, de los brotes o los tubérculos (Ortiz y Larqué, 1999), entre otros. Los resultados de estas investigaciones indicaron que incrementaba productividad de las plantas, por lo que se solicitó la patente correspondiente, misma que fue otorgada. Hoy se continúa investigando para validar su efecto como regulador del crecimiento vegetal.

Varios autores, citados por Aristeo (1998), han reportado los siguientes efectos de concentraciones determinadas de dimetil sulfóxido como regulador del crecimiento vegetal al ser rociado en las hojas: aumenta la proporción de flores femeninas en pepino y estimula la floración y la fructificación del frijol. El chile habanero aumentó el número de frutos en el tercer corte, (Medina, 2003). En betabel, el dimetil sulfóxido estimuló un mayor crecimiento del sistema radical y de la parte comestible (Gutiérrez-Rodríguez y colaboradores, 2003); además, favoreció el crecimiento de la raíz y el vástago en plantas de zanahoria (Aristeo, 1998).

¿HACIA DÓNDE VAMOS?

Actualmente, los usos del dimetil sulfóxido en la agricultura continúan; no obstante, en la medicina su uso permanece en controversia para autorizarlo como nuevo fármaco de uso casero, como la aspirina. Por ello, los investigadores a favor del dimetil sulfóxido apoyan la idea de realizar más trabajos que permitan aprobar el uso de esta sustancia en la solución de dolencias menores, como quemaduras, inflamación y dolores musculares. Según los expertos, bajo estos usos no se presentan riesgos de toxicidad para la salud. Por otra parte, sus aplicaciones en la agronomía, como transportador de nutrimentos y pesticidas, incluirán ahora la posibilidad de su nuevo uso como regulador del crecimiento vegetal. Este reciente hallazgo ha arrojado nuevas interrogantes para conocer su mecanismo de acción y efecto en varias especies vegetales, así como sus posibles implicaciones en el funcionamiento de otros procesos de las plantas.

Desde la década de los setenta se iniciaron las investigaciones del dimetil sulfóxido (en combinación con la aspirina) como un regulador del crecimiento vegetal, para aplicarlo en el mejoramiento de la producción de los cultivos

En este sentido, en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) se está trabajando para probar esta nueva función del dimetil sulfóxido como regulador del crecimiento vegetal. El tiempo y la ciencia dirán si esta molécula, originada en los océanos, impactará la productividad vegetal, como para incluirlo en la lista de los reguladores no tradicionales del crecimiento vegetal.

Bibliografía

- Muir, M. (2001), "DMSO: many uses, much controversy" <http://www.dmsol.org/articles/information/muir.htm> (fecha de consulta: 26 febrero 2003).
- Szmant, H. H. (2001), "Physical properties of dimethyl sulfoxide and its function in biological system". <http://www.dmsol.org/articles/information/pszmant.html> (fecha de consulta: 26 febrero 2003).
- Andreae, M. O. (1980 b), "Dimethylsulfoxide in marine and freshwaters", *Limnology and Oceanographic*. 25 (6), 1054-1063.
- Aristeo Carlos, P. (1998), *Reguladores de crecimiento XIV: efectos del ácido salicílico (AS) y dimetil sulfóxido (DMSO) en el crecimiento de zanahoria, betabel y rábano*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Davies, J. P. (1998), "The plant hormone concepts concentration, sensitivity and transport", en J. Davies, *Plant hormones physiology, biochemistry, and molecular biology*, segunda edición, Kluwer, Países Bajos, págs. 13-38.
- Davies, J. (1998), "The plant hormones: their nature, occurrence, and functions", en Davies, J. P. (editor), *Plant, growth and development*, Dordrecht, págs. 1-11.
- EPA (1997), "Notice of filling of pesticide petitions" <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/1997/June/Day-25/p16655.htm> (fecha de consulta: octubre 24, 2002).
- Gutiérrez-Coronado, M., R. San Miguel-Chávez., P. Aristeo-Cortés y A. Larqué-Saavedra (2003), "Efecto del dimetil sulfóxido en el peso fresco de rábano y betabel", *Agrociencia*, 37, 1070-1074.
- Lee, P. y S. de Mora (1999), "Intracellular dimethylsulfoxide (DMSO) in unicellular marine algae: speculations on its origin and possible biological role", *Journal of Phycology*, 35, 8-18.
- Medina, J. L. (2003), "Reguladores del crecimiento XIX: el efecto del dimetil sulfóxido en la productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq)", tesis de licenciatura, Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, Instituto Tecnológico Agropecuario de Tizimín, Yucatán, pág. 59.
- Ortiz, M., y A. Larqué-SAAVEDRA. (1999), "El uso de los reguladores de crecimiento en la floricultura Mexicana", *Ciencia y Desarrollo*, 148: 26-39.
- Pearson, T., H. Dawson y H. Lackey (1981), "Natural occurring levels of dimethyl sulfoxide in selected fruits, vegetables, grains and beverages", *Journal Agriculture of food chemistry*, 29, 1089-1091.
- Smale, B., N. Lasater y B. Hunter (1975), "Fate and metabolism of dimethylsulfoxide in agricultural crops", *Annals New York Academy Sciences*, 243, 228-236.

Dora María Álvarez Caro, colombiana, en la actualidad cursa el tercer semestre de la maestría en Ciencias y Biotecnología de Plantas, opción Ecología, en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).
alvarezd@cicy.mx

Alfonso Larqué-Saavedra, mexicano, obtuvo su doctorado en la Universidad de Londres. Es investigador y director general del CICY.
larque@cicy.mx