

Higiene, seguridad y protección ambiental, en el terreno de la educación forman parte de un mismo cuerpo. Esta sección recibe artículos sobre estos temas.

Coloideoquímica: imprescindible rama de la Fisicoquímica para el estudio y acción contra la contaminación ambiental*

Eduardo Rosquete-Borrego* y Enrique González Vergara**

La Coloideoquímica actual constituye una rama amplia de las ciencias químicas que estudia las propiedades de las sustancias en estado de dispersión y los fenómenos superficiales en los sistemas dispersos. El nombre de "coloide" fue introducido por el químico inglés Thomas Graham en los años 60 del siglo pasado, denominando así a las "disoluciones" que presentaban propiedades "anómalas". Entre los ejemplos estudiados entonces, uno de los más típicos era el de la COLA como pegamento (palabra de origen griego de igual pronunciación); pudiendo comprenderse mejor ahora la definición que de la palabra *coloide* da el diccionario *Pequeño Larousse Ilustrado* "nombre dado a sustancias que tienen apariencia de la cola de la gelatina". Al estudiarse con mayor profundidad se vio que las propiedades particulares que se presentaban como "anómalas" para aquellas disoluciones no estaban asociadas a ninguna "sustancia" en particular, sino al estado disperso del sistema; es decir, *los sistemas dispersos presentan propiedades particulares que se manifiestan macroscópicamente (dispersión de la luz, electroforesis, etcétera) y que conceptualmente no dependen de la naturaleza química de las fases constituyentes del sistema.*

Todo lo anterior lleva a concluir que un *coloide* no es más que un sistema disperso denominable como sistema coloidal. También se dice a veces que una sustancia está en estado coloidal, pudiendo ahora identificarse este término como estado de dispersión. En la actualidad se denomina estado coloidal al de mayor grado de dispersión, o sea, al que dentro de los posibles sistemas dispersos, presenta las partículas de la fase dispersa con un menor tamaño (cercano al molecular).

Cuando pensamos en sistemas contaminados o en contaminantes del medio ambiente, no sólo pensamos en gases que pasan al medio atmosférico, mezclándose homogéneamente, ni en sustancias que se disuelven totalmente en medios acuosos como ríos, lagunas y mares;

pensamos también en aguas enturbiadas por partículas sólidas muy pequeñas, o aguas "lechosas" debido a la presencia de gotículas insolubles en otros medios líquidos. Sabemos que estos sistemas "dispersos" reciben el nombre de "suspensiones", "coloides" y "emulsiones". De igual modo, pensamos en humos, nubes y neblinas, los que en términos coloideoquímicos recibirán genéricamente el nombre de "aerosoles". Pensamos también en "espumas" y en los propios suelos, que no dejan de ser también complejos sistemas dispersos más o menos estructurados; y —claro está— pensamos en el hombre, los animales y las plantas, sus células componentes, la fisiología de los mismos, es decir, en la vida misma. Tan ligados están estos seres vivos a los sistemas dispersos que, sin exagerar mucho, dijo un eminente científico: "El hombre es un coloide que camina".

Los sistemas dispersos presentan propiedades de un carácter bastante general, las cuales son aprovechadas al tratar con los mismos. Las primeras a mencionar serán las llamadas propiedades cinéticas; dentro de éstas se encuentra la de *difusión*, cuya aplicación práctica resulta evidente cuando se piensa en los humos, las neblinas, las nubes y los llamados "soles" o suspensiones coloidales. De igual modo, la *sedimentación*, propiedad inherente a los sistemas dispersos con partículas no tan pequeñas y que es aprovechada en múltiples métodos de separación. La utilización de centrifugas para la separación de impurezas es también muy amplia, y en muchos casos conjuga ésta con la difusión. El llamado *equilibrio de sedimentación-difusión* debe ser del dominio del especialista en sistemas dispersos para la explicación del comportamiento de sistemas prácticos que involucran también a los sistemas dispersos. El fenómeno de *ósmosis* (basado en la diferencia de potenciales químicos del medio dispersante a ambos lados de una membrana separadora semipermeable) resulta ligado al quehacer diario de médicos, biólogos y bioquímicos, quienes muchas veces lo tratan a través de términos tales como *tonicidad*, *turgencia* y otros relacionados.

Resulta evidente que quien estudia y actúa científicamente contra la contaminación del medio ambiente,

* UDLA-P, Esc. Ciencias, Depto. de Química y Biología

** UAP; Centro de Química, ICBUAP.

Recibido: 12 de octubre de 1993.

Aceptado: 16 de enero de 1994.

necesita de un conocimiento no superficial de las propiedades mencionadas.

La *turbidez*, propiedad que es muchas veces tomada como indicador de la posibilidad de contaminación, es una propiedad de los sistemas dispersos clasificada como ÓPTICA, debido a que se explica a través de la interacción de la radiación luminosa con las partículas dispersas, produciéndose la "dispersión" de la luz. Es conocido que este fenómeno óptico, presente en la mayoría de los sistemas dispersos, es muy aprovechado para la caracterización y estudio de los mismos, siendo los turbidímetros, nefelómetros y otros equipos, de uso habitual en laboratorios relacionados con sistemas dispersos.

La existencia de cargas eléctricas en la superficie de las partículas dispersas determinan las denominadas *propiedades eléctricas*. Estas propiedades juegan un importantísimo papel en lo que constituye el tema primordial de la Coloideoquímica: la estabilidad relativa de los sistemas dispersos; es decir, la duración en el tiempo de las partículas en forma dispersa en un medio, sin unirse entre sí (*floculación*), o sin "fusionarse" unas con las otras (*coalescencia*).

La llamada *ósmosis inversa* presenta cada vez mayores aplicaciones cuando de purificar líquidos se trata, siendo este fenómeno una de las manifestaciones de las ya mencionadas propiedades eléctricas de los sistemas dispersos (no una "ósmosis al revés" como muchos no especialistas consideran). De modo resumido puede aquí exponerse que la ósmosis inversa consiste en que al producirse la infiltración bajo presión del líquido "impurificado" con iones a través de finas membranas tiene lugar la retención de electrolitos cuando éstos, en forma de contraiones, se quedan formando parte de la atmósfera iónica asociada a las paredes de los canales capilares constituyentes de las mencionadas membranas. La clave de este fenómeno está en que el espesor de estos capilares (o diámetro interno) es próximo al de la atmósfera iónica asociada con la superficie interna de los mismos. Por su parte, en el fenómeno sencillamente llamado "ósmosis", el líquido pasa "espontáneamente" a través de una membrana que separa a dos sistemas con solutos o partículas dispersas a diferentes concentraciones, con el fin de igualar los potenciales químicos de este líquido a ambos lados de la membrana separadora. O sea, en el caso de la *ósmosis inversa* el fenómeno se basa en propiedades *eléctrico-adsorptivas* de las superficies y el de *ósmosis* se basa en propiedades *termodinámicas* del *disolvente*. La situación con los nombres surge al observar lo que de común tienen (macroscópicamente) estos fenómenos: en la ósmosis inversa hay que aplicar una presión para que pase

el líquido a través de una membrana; y en el de ósmosis el líquido pasa espontáneamente a través de una membrana, necesitándose ejercer una presión exterior (*presión osmótica*) si se quisiera evitar este movimiento del líquido.

Insistiendo algo más sobre la importancia de la estabilización o desestabilización de los sistemas dispersos, cabe señalar que los procesos ocurrientes en estos sistemas son tratados como "operaciones unitarias" en el tratamiento de aguas para su descontaminación, planteándose por los especialistas que "la clarificación del agua, el espesamiento del lodo y el desecamiento, dependen de una correcta aplicación de las teorías de la *coagulación* y la *floculación* para que puedan efectuarse con éxito". Por otro lado, la coagulación de la sangre (sistema disperso biológico) es afectada por contaminantes o por procesos patológicos inducidos por agentes o factores calificables de contaminantes del medio en que vivimos. Cabría preguntarse entonces: ¿podría un especialista en contaminación ambiental prescindir del dominio de la Coloideoquímica?

Uno de los mejores ejemplos de los llamados "sistemas dispersos liofílicos" —termodinámicamente estables— son los constituidos por las denominadas *micelas*: agrupaciones moleculares de tamaño coloidal. Estas partículas están presentes en numerosas situaciones prácticas de la más variada naturaleza: las micelas de las sales de los ácidos biliares contribuyen a la asimilación de las grasas en el tracto gastrointestinal, y las micelas formadas por los detergentes evitan el redépósito de la suciedad removida por las moléculas no asociadas de los mismos. De igual modo, muchas sustancias contaminantes son difundidas en ríos, mares y en los seres vivos en este estado de dispersión coloidal. A este fenómeno estudiado por la Coloideoquímica se le denomina "solubilización micelar".

Al analizar por separado las propiedades particulares de los diferentes tipos de sistemas dispersos, la Coloideoquímica se acerca más al estudio de sistemas prácticos que pueden involucrar al medio ambiente contaminado o afectable por la contaminación. La formación de *aerosoles por condensación* es el proceso natural o tecnológico principal de formación de estos sistemas altamente dispersos; así, por ejemplo, la aparición de cúmulos que contienen gotitas de agua o de cirros que constan de pequeños cristales de hielo se produce, fundamentalmente, como resultado de su engendramiento heterogéneo sobre partículas de polvo y en microcristales de sal. Semejantes cristales aparecen cuando se secan las minúsculas salpicaduras del agua de mar y ascienden a

gran altura arrastrados por los flujos convectivos del aire. De lo anterior se desprende la influencia de los humos en los tipos de nubes y a su vez en los regímenes de precipitación.

Hagamos una breve mención de los sistemas dispersos en los cuales las inclusiones gaseosas, líquidas o sólidas están distribuidas en el volumen de la fase sólida o forman un sistema continuo de capas interrelacionadas o de canales en la fase sólida continua. En este último caso la división en el medio de dispersión y en la fase dispersa puede realizarse sólo de modo convencional. Tales sistemas están difundidos con extraordinaria amplitud en la naturaleza. A éstos pertenecen los suelos (secos o inundados), piedras pómez y todas las rocas poliminerales que contienen, por regla general, varias fases sólidas, así como inclusiones gaseosas y líquidas. En cierta medida, a este tipo de sistemas se pueden referir también los tejidos de las plantas y de los animales, en especial los huesos, que son un sistema complejo en el cual los cristales superfinos de hidrofosfato de calcio (apatita), que poseen resistencia mecánica próxima a la teórica, refuerzan las estructuras peculiares de las fibrillas del colágeno: espirales "enrolladas" con distinto peso y en diferentes direcciones. Como vemos, son muy abundantes los sistemas "estructurados" en nuestro medio ambiente que pueden ser afectados por "contaminantes" de distinta naturaleza.

Las leyes generales de formación de estructuras en los sistemas dispersos, las propiedades mecánicas de los sistemas estructurados y su afectación por agentes externos son objeto de estudio del amplio apartado independiente de la Coloideoquímica que recibió el nombre de Físico-Química-Mecánica.

Por lo anterior, se puede concluir que para garantizar la más completa formación de químicos especialistas en contaminación ambiental resulta imprescindible la inclusión de la Coloideoquímica en el currículo de los mismos. ▀

Bibliografía recomendada

- Amelin A.G., *Fundamentos teóricos de la formación de la niebla durante la condensación del vapor*, Ed. Khimia, Moscú, 1972. (ruso).
- Berguelson L.D.; *Membranas, moléculas, células*, Ed. Naúka, Moscú, 1982 (ruso).
- Hills, B.A.; *The Biology of Surfactant*, Cambridge University Press, G.B., 1988.
- Kemmer F.N., McCallion J. (Nalco Chemical Co.) *Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. Ed. Grupo Lito-Mex., México, 1988.

Mittal K.L., ed., *Micellization, Solubilization and Microemulsions*; Plenum Press, New York, 1977.

Prohías, J., Rosquete E.T.; *Coloideoquímica*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1986.

Rosquete E.T.; *Propiedades coloideoquímicas de sistemas líquidos inmovilizados perflúorcarburo-tensioactivo-agua*; Tesis de Ph.D. en Ciencias Químicas, Universidad de Moscú, 1982.

Ruiz M.E., Xóchitl N., González E. Hacia el fin del milenio: ¿Se acabará el mundo? o: ¿Es necesario un currículo en Química ambiental?, *Educ. quim.*, 3[1] 71-73 (1992).

Schukin E.D., Pertsov A.V., Améline E.A.; *Química Coloidal*, Ed. Mir, Moscú, 1988.

Sherman P., ed., *Emulsion Science*; Academic Press, London, N.Y., 1968.

Souriarjan S. *Reverse Osmosis*, Lagos, London, 1970.

QUIMOTRIVIA-REJECTA

La faceta humana de la ciencia

Si consideramos al método de exposición de clase como una mezcla de noticiero, catecismo y libro de cocina, es inevitable que el estudiante prefiera memorizar de un día para otro una colección de fórmulas tediosas y faltas de sentido. Los maestros a veces olvidamos que a los hombres les gusta maravillarse... y que por eso existe la ciencia.



El punto más bochornoso del juego "estudio de las ciencias" es lo poco que puede uno emplearlas después de haberlas aprendido, a diferencia de otras actividades como el basquetbol o tocar el piano. En éstas, uno aplica lo que va aprendiendo, pero en ciencias, como en matemáticas, es posible adquirir una gran cantidad de información (leyes, teoremas, métodos) y ser incapaz de resolver los problemas más simples.