



Las razones isotópicas como indicadores de fuentes y comportamiento de contaminantes

Los últimos años han sido testigo de importantes progresos en las técnicas isotópicas utilizadas para determinar el origen y estudiar el comportamiento de vestigios de contaminantes del medio ambiente en las condiciones reinantes en la realidad. Las mejoras registradas en el suministro de isótopos estables y sus compuestos marcados, en el análisis instrumental en el conocimiento de las razones de isótopos estables o radiactivos de los contaminantes del medio ambiente en función de su origen o comportamiento, brindan instrumentos relativamente nuevos a los científicos ambientalistas. Las variaciones de los nucleidos estables y radiactivos existentes en el medio ambiente podrían considerarse como "ruidos de fondo" en los experimentos con trazadores de tipo tradicional, pero ahora prometen abundante información sobre las fuentes y el comportamiento de los contaminantes a los que saben escuchar atentamente.

En el Simposio se estudió el aprovechamiento de estos adelantos para obtener repuestas a ciertas cuestiones. ¿De dónde procede un determinado contaminante?, y si esto se sabe ¿qué ocurre con él? La importancia de estas cuestiones la ilustra muy bien el problema del nitrógeno mineral — un fertilizante valioso si se aplica en el lugar y momento oportunos y un contaminante cuando se presenta en mal sitio y en altas concentraciones — por ejemplo, en lagos y en aguas potables.

Para hacer frente al aumento de la demanda mundial de alimentos, en los suelos de todo el mundo se aplica una cantidad cada vez mayor de nitrógeno (hoy día más de 30 megatoneladas anuales). Rara vez más de la mitad del nitrógeno empleado se recupera incorporado al producto cosechado. La primera cuestión que se plantea es, pues, la siguiente: ¿Qué ocurre con la otra mitad o residuo? Mitad, dicho sea de paso, constituida por un elemento esencial en agricultura y cada vez más costoso, en especial para los países en desarrollo. ¿Qué cantidad vuelve a la atmósfera por los procesos de "desnitrificación" del suelo? ¿Qué cantidad pasa a las aguas de la localidad, bien sea subterráneas, superficiales e incluso potables? Asimismo, se ha comprobado que las concentraciones de nitrato inorgánico han experimentado un aumento significativo en ciertas aguas subterráneas y superficiales y, en algunos casos, superan ya los límites recomendados por la OMS para el agua potable. Por tanto, la segunda cuestión consiste en saber hasta qué punto este aumento se debe al empleo de abonos nitrogenados o es consecuencia de residuos de origen animal o urbano. Estas cuestiones son urgentes e importantes, no sólo desde el punto de vista de la conservación de los fertilizantes y del potencial de contaminación, sino por que además los controles mal concebidos constituirían un peligro ya que "podrían resultar perjudicadas actividades agrícolas esenciales, con escasa o ninguna ventaja para la calidad del medio ambiente".

Una fuente de californio-252 utilizada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos para determinar la humedad y porosidad de las rocas en un pozo de sondeo. Foto: Dupont de Nemours & Comp. ▶



Una contestación satisfactoria y segura a estas preguntas sólo puede obtenerse investigando en las condiciones ambientales y agrícolas reales a lo largo de un período suficientemente largo de tiempo. Estas condiciones desgraciadamente suelen excluir el empleo de trazadores radiactivos corrientes debido al costo y a los riesgos de irradiación reales o imaginarios. En el Simposio se presentaron 34 memorias y la sesión final se dedicó a un examen general.

Varias memorias trataron del empleo de radionucleidos existentes en el medio ambiente para determinar o caracterizar las fuentes de la contaminación ambiental resultante de la producción nucleoelectrónica o de otros procesos nucleares. El estudio del ^{90}Sr , ^{137}Cs , rutenio radiactivo ($^{103-106}\text{Ru}$) y de las razones de yodo radiactivo ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$) en los sistemas suelo-plantas-animales, en condiciones estacionarias de contaminación ambiental, brinda bases más seguras para predecir el movimiento de estos radionucleidos en las cadenas alimentarias de interés en agricultura y para correlacionar las concentraciones observadas en las descargas. Las razones isotópicas criptón-85/tritio y de los isótopos radiactivos del rutenio son útiles indicadores de las posibles fuentes: reactores de potencia, plantas de tratamiento de plutonio o ensayos nucleares en la atmósfera.

Un punto importante fue la demostración de que el comportamiento de los vestigios de contaminantes radiactivos en el suelo es función de su forma física y química, es decir, varía según se trate de partículas, iones o cationes. Una memoria sobre el empleo de las razones de los isótopos estables del azufre llegó a conclusiones análogas acerca de la influencia de las partículas en el comportamiento químico del dióxido de azufre en los penachos de humo de las centrales eléctricas.

El estudio del comportamiento del tritio en los árboles puso de manifiesto la importancia de distinguir entre el comportamiento a corto plazo del tritio ambiental en el agua libre o agua lábil del follaje y el comportamiento a largo plazo del denominado tritio ligado a los tejidos.

El empleo de las razones isotópicas ambientales del ^{12}C , ^{13}C y ^{14}C como indicador del origen y comportamiento de los contaminantes carbonados de la atmósfera, el suelo y el agua fue objeto de varias memorias. Particular interés e importancia potencial presenta la posibilidad de caracterizar las fuentes de compuestos orgánicos de carbono presentes en los alimentos y en el agua potable basándose en las razones del ^{13}C , ^2H y ^{18}O .

Varias memorias tuvieron por tema el empleo de las razones naturales y modificadas artificialmente del ^{15}N y ^{14}N para estudiar los importantes problemas del comportamiento de los fertilizantes nitrogenados en relación con su conservación como nutriente vital de las plantas y su potencial de contaminación de las aguas subterráneas (véase lo dicho anteriormente).

Una memoria describió el empleo del isótopo estable azufre-34 como trazador para conocer el destino final del dióxido de azufre y su captación por las plantas en condiciones naturales, en las que sería imposible utilizar azufre-35 radiactivo — contribución importante al estudio de los posibles efectos del dióxido de azufre sobre grandes zonas verdes.

Varias memorias confirmaron los rápidos progresos en la preparación y empleo de isótopos estables como trazadores en condiciones naturales. Estas novedades permiten prever grandes avances en los instrumentos disponibles para la utilización sin riesgos, eficaz y económica de los trazadores en condiciones naturales.

Algunos experimentos de gran complejidad han demostrado que, por técnicas de doble marcación, por ejemplo, con metano en la forma $^{13}\text{C}^2\text{H}_4$, la molécula marcada podía experimentar una dilución isotópica en el medio ambiente y permitir todavía su detección con una sensibilidad igual o incluso superior a la posible con una sola marcación radiactiva.

Varias memorias tuvieron por tema principal o secundario los avances en metodología, por ejemplo, la disminución en grado significativo de la radiactividad de fondo para el análisis por espectrometría gamma de los radioisótopos del yodo, la detección eficaz del ^{238}U por espectrometría gamma de baja energía; las innovaciones en la preparación de muestras de nitrógeno para análisis de la razón $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, la marcación múltiple en la práctica de compuestos orgánicos con isótopos estables para detectar moléculas o fragmentos marcados sometidos a grados de dilución comparables con los que se pueden obtener utilizando isótopos radiactivos, y el empleo de $^{15}\text{NO}_2$ para detectar y medir el contaminante NO_2 en la atmósfera.

Si bien ha mejorado de modo espectacular la situación en lo que se refiere a los isótopos estables y sus compuestos, disponibles y a las posibilidades de empleo en trabajos de campo, los ulteriores progresos dependerán de la demanda. El uso eficaz de trazadores isotópicos estables y la interpretación segura de los datos exigen a menudo una metodología y un instrumental muy complejos, y una gran experiencia. Por tanto, convendría fomentar los programas de investigación y detección basados en centros regionales o internacionales. El Simposio ha demostrado claramente la importancia y posibilidades de empleo de varios isótopos estables como trazadores. Sin embargo, hay otros elementos en los que el fraccionamiento de los isótopos naturales podría justificar una ampliación experimental de los programas de concentración o empobrecimiento isotópico, teniendo en cuenta el alza probable de costos y las complicaciones al aumentar el número de masa de los isótopos. Los trabajos de campo con los isótopos estables ^2H , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}N , ^{15}N , ^{17}O y ^{18}O como trazadores son ya económica y experimentalmente viables. Estos trazadores poseen ventajas muy importantes con respecto a los radiactivos. No implican ningún riesgo de irradiación. No hay ningún límite en el tiempo impuesto por la desintegración de los trazadores. Si se emplean moléculas multimarcadas, es posible su identificación y detección tras dilución isotópica, por lo que pueden competir con los trazadores radiactivos simples.