

LOS ISOTOPOS RADIOACTIVOS EN BIOLOGIA

MARGARITA CORDIER

Doctora en Ciencias

Miembro Corresponsal de la Real Academia de Medicina de Barcelona

SE dice que dos cuerpos son isotopos cuando, teniendo el mismo cortejo de electrones periféricos, sus núcleos contienen un número distinto de neutrones; así, por ejemplo, el deuterio o hidrógeno pesado tiene un núcleo formado por un protón y un neutrón, mientras que el hidrógeno ordinario tiene un núcleo formado por un solo protón; el carbono normal tiene su núcleo formado por seis protones y seis neutrones, mientras que sus isotopos, como el carbono 11, no tiene más que cinco neutrones y el carbono 14 tiene ocho.

El número de los isotopos actualmente conocido es muy elevado, pasa de seiscientos, muchos existen ya en estado natural, pero otros han sido preparados artificialmente; unos son estables, mientras que otros se desintegran espontáneamente, es decir, son radioactivos.

Es sabido que la radioactividad se explica por una modificación espontánea del núcleo del átomo, modificación que va acompañada de la emisión de radiaciones α , β , γ sobre todo β y γ . La radioactividad se expresa por una unidad llamada Curie, que corresponde a la energía emitida por la cantidad de Radon en estado de equilibrio con un gramo de radio, es decir, en condiciones normales, a 0 grados y bajo una presión de 76 cm. de mercurio, por un volumen de Radon igual a 0,6 mm.³, lo cual corresponde a un número de átomos de $1,7 \cdot 10^{16}$; puede decirse también, para expresar esta unidad, que un elemento cuya radioactividad es de 1 Curie emite $3,7 \cdot 10^{10}$ partículas α o β por segundo.

La desintegración radioactiva se produce siguiendo un ritmo que es inmutable y distinto para cada cuerpo; se caracteriza por lo que se ha dado en llamar período o semivida, es decir, el tiempo necesario, para un cuerpo determinado, para que la mitad de una masa dada haya desaparecido por desintegración; este período es muy variable según los cuerpos, y puede equivaler a algunos segundos, algunos minutos, días, años o siglos.

Los cuerpos radioactivos artificiales se preparan bombardeando cuerpos naturales isotopos del que se quiere obtener, o que ocupen un lugar

próximo en la clasificación periódica de Mendeleieff, por partículas α o por deutones, es decir, núcleos de deuterio, o por protones; estos bombardeos se producen con el ciclotón; o bien, cosa que todavía da mejores resultados, por bombardeo mediante neutrones, que se verifica en las pilas atómicas.

Para designar un isótopo se añaden al símbolo químico del cuerpo dos índices, el inferior de los cuales designa el lugar que ocupa en el cuadro de Mendeleieff, y es, por consiguiente, igual para todos los isótopos del mismo cuerpo, y el superior designa el número total de partículas del nú-

1

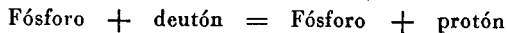
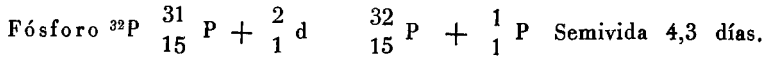
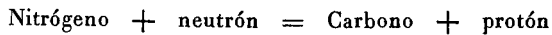
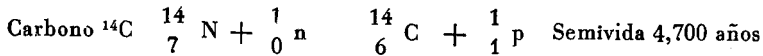
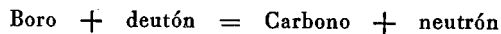
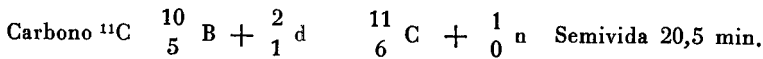
2

cleo; así, el hidrógeno es representado por ${}^1_1\text{H}$, el deuterio por ${}^2_1\text{D}$, el

3

tririo por ${}^3_1\text{H}$, etc.

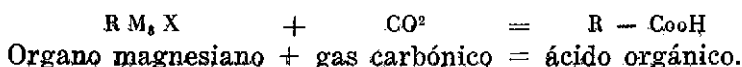
He aquí algunos ejemplos de reacciones nucleares que permiten obtener isótopos radioactivos:



Terminada la reacción nuclear, debe separarse el isótopo radioactivo del medio en que se encuentra, lo cual constituye una operación delicada, que puede realizarse por métodos físicos, por ejemplo, empleando el espectroscopio de masa; pero es preferible, cuando ello es posible, emplear procedimientos químicos; se añade al medio de preparación una pequeña cantidad del isótopo normal, llamado portador, que, por razón de sus propiedades químicas semejantes, arrastra con él al isótopo radioactivo; por los procedimientos químicos ordinarios se llega a aislar los isótopos normal y radioactivo; no queda entonces más que separar uno de otro. Uno de los procedimientos más empleados es la reacción llamada de Szilard y Chalmers; en algunos cuerpos, la radioactividad libera una cantidad tal de energía que rompe la molécula y así queda inmediatamente separado el isótopo radioactivo.

Cuando se ha obtenido el isótopo radioactivo, se le debe introducir en los compuestos químicos que habrán de emplearse para los experimentos. Esto puede lograrse por los métodos ordinarios de síntesis química:

por ejemplo, para preparar ciertos compuestos carbonados, se preparará primero gas carbónico, ya sea con carbono ^{11}C , o con el ^{14}C y se hará obrar este gas carbónico sobre un órgano-magnesiano según una reacción de Grignard.



A partir del cuerpo obtenido, se harán las otras síntesis y los cuerpos siguientes contendrán todos el carbono radioactivo.

Los isótopos radioactivos se emplean principalmente en biología siguiendo el método llamado de los indicadores; en efecto, gracias a su radioactividad, un cuerpo radioactivo puede descubrirse por las radiaciones que emite. Pueden utilizarse varios métodos para medir la radiación: por el electroscopio, por medio de una cámara de ionización, pero principalmente con los contadores de Geiger-Muller, que tienen la gran ventaja de poder colocarse sobre el mismo cuerpo objeto de experimentación.

El método de los indicadores será, pues, el siguiente: se introduce en el organismo estudiado una cantidad conocida y muy pequeña del isótopo que interese, claro está que en forma del compuesto químico conveniente, mezclado con una cantidad mucho mayor del mismo compuesto no radioactivo; esta introducción puede hacerse directamente por inyección o bien por absorción en forma de alimento; después de un tiempo determinado, se mide la radioactividad del órgano que se quiera; sabiendo la cantidad de isótopo introducida y la intensidad de su radioactividad, se deduce fácilmente la cantidad de isótopo radioactivo que se encuentra en el órgano estudiado.

La medición de la radioactividad puede hacerse, o bien en el órgano *in situ* o bien en un líquido de excreción o extrayendo el órgano y, si es suficientemente pequeño, midiendo su radioactividad global o, por último, reduciéndolo a cenizas. Un método de estudio muy empleado es el del radioautógrafo, que fué bien estudiado por HEVESY y LATTE y LAUSSAGNE en el año 1924; como es sabido, consiste en la impresión directa de una película sensible muy fina, por el órgano estudiado o por un corte del mismo fuertemente aplicado contra la película.

La elección de un isótopo radioactivo debe estudiarse con mucho cuidado; es necesario que tenga una semivida bastante larga para que no se destruya demasiado rápidamente mientras se practica el experimento; por otra parte, si se opera en el cuerpo humano, su semivida no debe ser demasiado larga, porque una radioactividad prolongada puede ser perjudicial para el organismo; así, se ha comprobado que cantidades de 10 micro-

Curies de ^{32}P . en un litro de solución impide el desarrollo normal de las raíces. Es necesario también elegir con cuidado la forma química que deba darse a los compuestos en los cuales se introduce el isótopo; en general, éste sufrirá transformaciones en el organismo y es interesante poder determinar lo que se ha llamado el precursor biológico de un compuesto; por ejemplo: si se administran a un animal varios compuestos que tengan el mismo isótopo, y uno de ellos se transforma en un compuesto determinado con un rendimiento mayor que los demás, puede deducirse con razón que aquel cuerpo es el precursor biológico.

Las aplicaciones de los isótopos radioactivos son muy numerosas; pueden clasificarse en cuatro:

1) Investigaciones de fisiología normal y anormal y de bioquímica humanas, por ejemplo: estudio del metabolismo mineral y de los gases raros.

2) Estudio de la distribución anormal de compuestos que se acumulan en las estructuras patológicas; en este caso el radioelemento puede obrar como agente terapéutico.

3) Factor utilizable para la determinación de un diagnóstico.

4) Investigación de la toxicología de los elementos radioactivos.

Las investigaciones del primer grupo son ya muy numerosas y han dado lugar a centenares de publicaciones; no trataremos, pues, de hacer una lista de todas ellas, pero citaremos, no obstante, algunos casos típicos. Como primer ejemplo, tomaremos las medidas de las velocidades con que Na, K, Cl, Br, I, son absorbidos después de ingeridos por la boca; para ello se estudia la radioactividad de la mano que sostiene un contador de Geiger-Müller; así se comprueba que Na, Cl, Br, I, se absorben muy rápidamente toda vez que el contador los revela pocos minutos después de ingeridos; K no aparece hasta algunos minutos más tarde. Los estudios hechos con gases raros y nitrógeno permiten estudiar el problema de la descompresión, que es interesante, en particular para los aviadores que se elevan a grandes alturas.

Se han hecho muchos y profundos trabajos sobre el metabolismo de las sustancias hidrocarbonadas y de las grasas en el hombre; nos limitaremos a recordar los numerosos trabajos que emplean el radioyodo para el estudio de las enfermedades tiroideas, el radiofósforo para los estudios sobre el desarrollo y recuperación de huesos, así como para los problemas de biología vegetal, el radiohierro para medir la velocidad de renovación de los glóbulos rojos de la sangre.

Fr. HOWARTH (1948-1949) ha hecho estudios muy interesantes sobre la evolución en el organismo de un anestésico espinal, empleando la vibro-

mo-procaína obtenida por la acción, sobre la procaína, de ácido bromhídrico que contenga bromo radioactivo ^{82}Br .

Otros estudios han sido llevados a cabo por ROWLWY, MILLER, ROWLANDS, LESTER y SMITH en 1948 y 1949 sobre el modo de acción de la penicilina empleando penicilina radioactivada por la presencia de ^{35}S ; de aquellos trabajos parece desprenderse que el expresado antibiótico se fija en el citoplasma celular y que lo hace de una manera irreversible; la fijación parece ser debida a una reacción química con un compuesto celular existente en pequeña cantidad en las células en estado de reposo y en mucha mayor cantidad en las células en período de desarrollo.

Citaremos, para terminar, los trabajos sobre la inmunidad llevados a cabo, desde 1948, por BANKS, BOURNELL y sus colaboradores, en los cuales estudian el lugar de la formación y las condiciones de la circulación de los anticuerpos.

La aplicación de los radioisotopos a los problemas químicos y biológicos aporta un método capaz de exactitud y de precisión en un terreno de una gran complejidad, movedizo, y en el cual la experimentación en las condiciones del funcionamiento vital habían sido hasta el presente muy difícil. Desde algunos años a esta parte, muy pocos, en que se aplica este método ha dado ya resultados muy notables; no hay duda de que cabe esperarlos en mucho mayor número y que gracias al mismo los problemas de la biología irán encontrando progresivamente sus soluciones.