

---

# Ciencia

---

## Aplicaciones de los radioisótopos en biología y medicina

RICARDO R. RODRÍGUEZ

*NACIDO EN BS. AIRES en 1923, se graduó de médico en 1947. En 1950 obtuvo el premio "Facultad de Ciencias Médicas" por su tesis Acción de las glándulas sexuales en el metabolismo de los hidratos de carbono y en la diabetes. Al año siguiente conquistó una beca de la Fundación Rockefeller para trabajar en química fisiológica en la Universidad de Yale. Ha sido ayudante de investigaciones en el Instituto de Fisiología de la facultad de Medicina de Buenos Aires y en el Instituto de Biología y Medicina Experimental. En 1954-55 fue contratado para dirigir trabajos de investigación en el Instituto de Fisiología de la facultad de Medicina de Porto Alegre (Brasil). Médico del hospital Rivadavia, de Buenos Aires. Miembro de la Sociedad Argentina de Endocrinología y de la Sociedad Argentina de Biología. Ha publicado 25 trabajos científicos y pronunciado más de cuarenta conferencias de igual índole y varios cursos para posgraduados.*

POSIBLEMENTE, ninguno de los nuevos métodos o técnicas descubiertas en los últimos años hayan aportado tantos conocimientos en el campo científico como el empleo de los isótopos radiactivos. Con toda razón se ha dicho que estos constituyen hoy un nuevo "instrumento" de investigación científica llamado a adquirir un uso tan universal como el microscopio. Gracias a ellos ha sido posible realizar, en un corto período, innumerables descubrimientos en las más diversas ramas de la ciencia. Desde el punto de vista de la biología —animal y vegetal— y la medicina, ellos pueden ser empleados en todos los aspectos de la investigación clínica o experimental, del diagnóstico y tratamiento, ya que prácticamente todas las sustancias pueden ser "marcadas" con estos elementos y sus transformaciones químicas posteriores, así como las fisiológicas, ser seguidas a través del intrincado proceso que significa el metabolismo. Un índice de la importancia de los radioisótopos está dado

por el hecho de que más de 10.000 artículos han sido publicados en los diez últimos años relacionados con este tema, en todos los campos científicos; y que mil doscientos investigadores, procedentes de 61 países, se reunieron en la Sorbona, en París, durante la segunda decena del pasado mes de septiembre, para presentar y considerar 230 trabajos, en ocasión de la Conferencia Internacional sobre Radioisótopos organizada por la Unesco.

Antes de entrar directamente al problema de las aplicaciones de los radioisótopos haremos una breve reseña de algunos conceptos básicos fundamentales.

#### CONCEPTOS BÁSICOS

El fenómeno de la radioactividad fué descubierto a principios de 1896 por Henri Becquerel. Observó éste que cierto compuesto de uranio emitía espontáneamente radiaciones que penetraban substancias opacas a la luz ordinaria, excitando fosforescencias y transformando los gases que atravesaba en conductores de la electricidad. Más tarde se halló que otros elementos pesados: el torio, el polonio, el actinio, etc., eran también cuerpos radioactivos, estableciéndose que la radioactividad era una propiedad de los átomos más pesados. (En general, elementos más pesados que el plomo, cuyo peso atómico es 207).

A partir de 1899, Ernest Rutherford —más tarde Lord Rutherford—, Soddy, Villard, Giesel, Curie, etc., determinaron, en investigaciones sucesivas, que las radiaciones de las substancias radioactivas consistían en diversas clases de rayos, emitidos por el núcleo, que fueron denominados con las tres primeras letras del alfabeto griego:  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta) y  $\gamma$  (gamma). El paso posterior consistió en determinar la verdadera estructura de estos rayos: así, las partículas positivas  $\alpha$  no son sino átomos de helio con dos electrones menos, o, en otras palabras, están constituidos por los “núcleos” del gas helio. los rayos  $\beta$  están formados por electrones, con carga negativa, y los  $\gamma$  de naturaleza semejante a la de los rayos X —pero de una longitud de onda aún menor y por lo tanto de mayor penetración— son radiaciones sin carga o fotones.

Lord Rutherford y Frederick Soddy iniciaron en 1902 el estudio de la disminución de la potencialidad radioactiva, determinando que

## CIENCIA

está sujeta a sencillas reglas fijas: muestras de un mismo material radioactivo pierden siempre la misma fracción de su potencia en un tiempo dado; en cambio, es muy variable la cuantía de esa disminución entre una substancia y otra. (Verbigracia: el radio pierde la mitad de su poder en 1600 años aproximadamente y el radón en 4 días). Y ya en las profundidades del problema, hallaron que toda substancia radioactiva pasaba —lentamente a través del tiempo— por una sucesión de cambios, alterando su naturaleza química hasta llegar a un estado final en el cual era total y permanentemente *estable*. Probaron también que tales cambios van acompañados por una emisión de partículas  $\alpha$  que transforma al átomo emisor en una configuración nueva —en un átomo químicamente distinto del que lo engendró—, haciéndose así evidente la existencia de átomos radioactivos de un mismo elemento que diferían en su peso atómico. A tales especies atómicas derivadas de una misma substancia radiactiva, F. Soddy, en 1913, dió el nombre de *isótopos*, voz derivada del griego que significa “mismo lugar” (*isos* = mismo; *topos* = lugar), es decir que teniendo diferente “peso atómico” ocupan una misma posición en la tabla de elementos químicos de Mendeleieff; esto es, que tenían el mismo “número atómico”. (La tabla,<sup>1</sup> formada durante mucho tiempo por los 92 elementos naturales entonces conocidos —con números atómicos que iban desde 1, correspondiente al hidrógeno, el más liviano, hasta el 92, ocupado por el más pesado: el uranio— se ha visto aumentada por el sucesivo descubrimiento de elementos transuránicos, llegando en la

(1) En 1869 el químico ruso Dimitri Mendeleieff hizo la clasificación de los elementos estableciendo que las propiedades fisicoquímicas de éstos se hallan relacionadas con sus pesos atómicos. Dispuso así en una *tabla* los átomos según sus crecientes pesos, pero como él no conocía sino 63 elementos, al componer su lista dejó muchas casillas en blanco por exigir pesos atómicos y propiedades fisicoquímicas que no correspondían a los elementos hasta ese momento descubiertos, pero que intuyó genialmente lo serían en el futuro. Ya en nuestro siglo, el físico inglés Henry Moseley señaló el significado del *número atómico* —dado por el número de protones del núcleo— que asegura a cada especie de átomo su lugar en la clasificación periódica y rige el orden en la sucesión natural de los elementos. Por tal motivo, la clasificación periódica se conoce también con el nombre de Mendeleieff-Moseley. En esta tabla, el número 100 está ocupado por el elemento designado con el nombre de FERMIO, en honor del físico Enrique Fermi; el 101 por el MENDELEVIO, que recuerda, precisamente, a Mendeleieff; y el 102, último elemento descubierto hasta aquí, se denomina NOBELIO, en homenaje a Nobel.

actualidad a 102). Quedó demostrado que la mayor parte de los elementos estaban constituidos por átomos de diferentes pesos atómicos; el gas cloro, por ejemplo, es una mezcla —digamos así— de isótopos de pesos atómicos 35 y 37, cuya presencia en la proporción de 3 a 1 explica el peso atómico 35.5 del cloro común.

En 1934, los esposos Frédéric Joliot e Irène Curie descubrieron la radioactividad inducida, que consiste en la producción artificial de átomos isotópicos radiactivos o *radioisótopos*, a partir de elementos “estables”, es decir que naturalmente no son radiactivos. La condición esencial que hace posible el uso de estos radioisótopos es que todos los isótopos de un elemento tienen idénticas propiedades químicas. Esto se cumple por igual en los isótopos estables que se encuentran en la naturaleza, así como en los radiactivos que se producen en las reacciones nucleares. En cambio, las propiedades físicas son distintas y ellas son las que sirven para demostrar su existencia y medirlos. La explicación de esta diferencia es simple: las propiedades químicas de los elementos están determinadas por el número y la configuración de los *electrones*, partículas extranucleares de carga eléctrica negativa. El número de electrones es siempre igual al número de *protones*, partículas de carga eléctrica positiva contenidas en el núcleo del átomo, lo que define a  $Z = \text{número atómico}$  o número de carga. Además de estos protones, completan la masa del núcleo los *neutrones*, partículas eléctricamente neutras; la suma del número de protones y neutrones define a  $A = \text{peso atómico}$  o número de masa.

Las especies atómicas que tienen igual  $N^{\circ} Z$ , o sea igual número de protones (y por tanto de electrones extranucleares) pero diferente  $N^{\circ} A$ , o sea distinto número de neutrones, se llaman, como queda dicho, *isótopos*; las que tienen igual  $N^{\circ} A$  pero distinto  $N^{\circ} Z$ , se denominan *isóbaros*, y las que tienen iguales números  $A$  y  $Z$  pero distintos niveles de energía, se llaman *isómeros*.

En la notación más usada, el  $N^{\circ} Z$  o número atómico, se escribe a la izquierda y abajo del símbolo del elemento y el  $N^{\circ} A$ , o peso atómico, arriba y a la derecha. Por ejemplo, los dos isótopos estables del carbono se escriben así:  ${}_{6}\text{C}^{12}$  y  ${}_{6}\text{C}^{13}$ . En la mayoría de los casos el  $N^{\circ} Z$  se omite, ya que el símbolo lo incluye automáticamente. Los isótopos no tienen símbolos especiales, salvo el caso de los elementos naturales radiactivos y de los isótopos del hidrógeno. El símbolo del

## CIENCIA

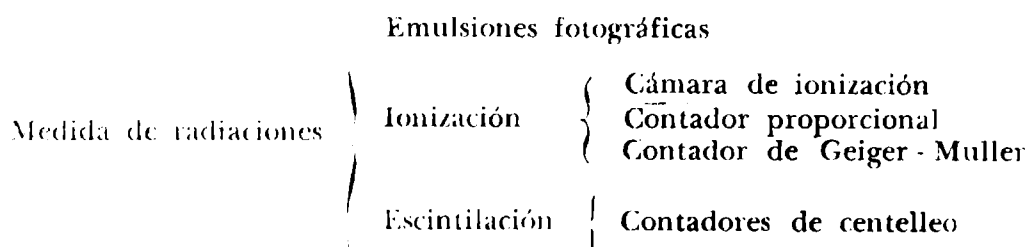
hidrógeno, que tiene *un* protón en su núcleo y *un* electrón en su órbita, es H; el isótopo estable pesado, de peso atómico 2 (un protón más un neutrón) se llama deuterio y tiene el símbolo D, y el de peso atómico 3 (un protón más dos neutrones), se llama tritio y tiene el símbolo T.

Hemos visto que los núcleos de muchos isótopos emiten su exceso de energía bajo la forma de radiaciones  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta) y  $\gamma$  (gamma). La *energía* de estas diferentes partículas se mide por la distancia alcanzada en un medio determinado, generalmente el aire. Se define como electrón-voltio la energía cinética que adquiere un electrón cuando es acelerado por la diferencia de potencial de un voltio y este valor es igual a  $1.6 \times 10^{-12}$  erg. Para formar un par de iones en el aire se necesitan 32.5 electrón-voltio. Como esta medida es muy pequeña, comúnmente se expresa la energía de las partículas en Kev (kilo electrón voltio, o sea una medida 1000 veces mayor) y más frecuentemente en Mev (mega electrón voltio, o sea un millón de veces mayor).

Se ha demostrado que, en general, la energía que emiten las partículas  $\alpha$  es bastante igual, lo que no ocurre con las partículas  $\beta$  que emiten energía con intensidad variable. Las partículas  $\gamma$  como radiaciones electromagnéticas, tienen alcance infinito en el aire. De acuerdo a lo expresado anteriormente, para calcular la energía de una partícula hay que saber cuantos pares de iones se generan, pues:  $E$  (energía) =  $32.5 \times N^{\circ}$  pares de iones.

Estas mediciones se pueden efectuar de diversas maneras. Hay aparatos que reciben las radiaciones y generan un pulso eléctrico por cada radiación que entra. Otros miden corrientes de ionización determinando el número de pares de iones que se generan por cada radiación que entra en un cubo de aire con moléculas al estado neutro. Otros generan fotones y miden su centelleo, de acuerdo al fenómeno de fluorescencia y fosforescencia.

Un esquema permitirá ver mejor lo expuesto:



Los isótopos estables se miden con el espectrómetro de masa, que deriva del espectrógrafo de masa y que opera con el principio de que los iones gaseosos que llevan el mismo número de cargas, atravesando un campo magnético constante con velocidad uniforme, van a ser desviados en un ángulo que es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la masa del ión. Cada una de estas formas de medición tiene sus indicaciones y no haremos aquí una exposición de las mismas ya que escapa a la índole del trabajo.

El tiempo que tarda un isótopo en emitir todo su exceso de energía y transformarse en estable es variable y una medida muy útil es determinar cuanto tarda en emitir la mitad de esa energía. Esto es lo que se define como *vida media*, la que puede variar entre fracciones de segundo y miles de años.

#### PRODUCCIÓN DE ISÓTOPOS

La generación de isótopos se realiza bombardeando el núcleo de los elementos con partículas variables que son aceleradas por dispositivos especiales. No es finalidad de este artículo detallar los distintos tipos de generadores, pero los citaremos y reseñaremos a fin de dar sobre ellos siquiera una somera idea, particularizándonos algo más con el *reactor nuclear*, toda vez que el 20 de enero de este año se puso en marcha en Buenos Aires, totalmente construido en nuestro país, el primer reactor que se instala en América latina con fines científicos y experimentales.

El *acelerador en cascada* emplea partículas que tienen todas la misma energía; es un transformador con 200 kilovoltios de entrada, que con rectificadores y condensadores llega a dar 1.2 a 2 megavoltios. El *acelerador electrostático de Van der Graaf* es una esfera hueca que recibe corrientes de 10 a 40 kilovoltios y los transforma en 7 megavoltios con 5 a 100 microamperes de intensidad en el haz de partículas aceleradas. Los *aceleradores lineales* consisten en un conjunto de electrodos circulares conectados alternativamente con la fuente de energía; cuando el haz de iones pasa de un tubo a otro recibe una aceleración.

El *ciclotrón* consta de dos cajas metálicas en forma de D con una diferencia de potencial de 10 a 100 kilovoltios y ambas bajo un campo

## CIENCIA

magnético de intensidad de 10 a 20 mil Gauss; todo en el vacío. Los campos magnéticos, aplicados en sentido vertical, sirven para hacer circular el movimiento y cada partícula, al pasar de una caja a la otra, es acelerada y aumenta un poco su radio; dan partículas de energía máxima de alrededor de 50 megavoltios. Diversas modificaciones se han introducido en el ciclotrón a los efectos de obtener partículas con mayor energía. El de frecuencia modulada o *sincro-ciclotrón* opera con 15 kilovoltios y no es práctico para energía mayor de 150 megavoltios por el costo del imán, cuyo núcleo de hierro pasa de cuatro toneladas. Otros generadores son el *betatrón* y el *protón-sincrotrón*.

El *reactor nuclear* es una máquina —comparable al alimentador de una caldera— productora de grandes cantidades de energía bajo la forma de calor, que se genera por la fisión o estallido del material usado como combustible (metal radioactivo uranio); puesta en funcionamiento queda establecida una reacción en cadena “controlada” que se sostiene por sí misma. La idea inicial fué del físico italiano Enrique Fermi, quien en 1942 creó en Chicago la *pila atómica* que lleva su nombre para producir energía en cadena controlada mediante la “fisión” (ruptura) nuclear del isótopo uranio 235. (Y ella fué utilizada en seguida, desgraciadamente, para engendrar la explosión atómica conocida —*bomba atómica*— mediante la liberación de grandes cantidades de energía “incontrolada”). La pila atómica de Fermi fué como el modelo de todos los reactores construídos posteriormente.

El primer reactor atómico argentino —denominado con la sigla R. A. 1— es un reactor de tipo térmico, heterogéneo y refrigerado con agua común, desarrollado sobre el modelo estadounidense Argonauta que posee el Argonne National Laboratory, dependiente de la Universidad de Chicago. Conviene precisar que se llama heterogéneo a aquellos reactores en los cuales es neta la separación del combustible y del moderador. En este caso el combustible lo constituye una carga de 2.686 gramos de uranio 235, cedido en arriendo por los Estados Unidos, mientras que el sistema moderador o frenador está formado por agua común y grafito de calidad nuclear, adquirido en Francia.

Este artefacto —a cuyo original los científicos argentinos introdujeron diversas modificaciones a fin de abaratar su costo y obtener, a la vez, ventajas de orden técnico— tiene una potencia de 10 kilovatios térmicos y un flujo máximo de diez a once neutrones por centí-

metro cuadrado y por segundo. Está esencialmente constituido por un prisma de grafito de 150 centímetros de largo, otros tantos de ancho y 120 de altura, en cuyo interior van dos tanques de aluminio, cilíndricos y coaxiales, estando el de menor diámetro también relleno de grafito. En el depósito anular que queda van distribuidos los elementos combustibles del reactor (planchuelas de óxido de uranio enriquecido al 20 %, pues el uranio natural sólo contiene el 0,72 % de uranio 235) y el sistema moderador (agua común y grafito). Mediante un motor eléctrico se deposita sobre el reactor la fuente de neutrones que produce el arranque; cumplida esta operación se retira la fuente y el reactor se cubre con una tapa.

El R. A. 1 permitirá realizar investigaciones en tecnología nuclear e investigaciones radioquímicas, crear radioisótopos de aplicación en medicina y biología (especialmente algunos que por su corta "vida media" no es posible importar), verificar la calidad nuclear del uranio metálico proveniente del mineral argentino y, por último, servirá para el adiestramiento del personal técnico en las tareas de operar y controlar un reactor. En suma, será un aparato de investigación y estudio que rendirá positivos frutos científicos y técnicos.

#### EMPLEO DE LOS RADIOISÓTOPOS

Estas técnicas han hecho posible la investigación de fenómenos bioquímicos y fisiológicos que no eran factibles de ser explorados por otros métodos, ya que cuando se introduce una sustancia en el organismo, ésta se mezcla con las ya existentes de su misma composición y entonces no es posible seguir su evolución, por ser sus propiedades químicas iguales. Así ha sido posible estudiar la dinámica del estado de equilibrio de cada compuesto en los organismos animales o vegetales, el transporte de los iones a través de las membranas celulares, el metabolismo intermedio y las conversiones intermetabólicas, el metabolismo mineral en el cual es particularmente útil la radioautografía, en los trabajos de análisis en los que se diluyen isótopos, etc.

Hay que tener constantemente presente que el uso de isótopos es una técnica especializada que debe emplearse cuando es necesario y no sistemáticamente en experiencias en las cuales pueden usarse otros métodos. Los trabajos deben ser planeados cuidadosamente por-



## CIENCIA

que los factores de error son muchos y los resultados pueden ser totalmente falsos. Igual cuidado debe tenerse al aplicar el cálculo matemático a los resultados.

### CRITERIO PARA EL EMPLEO DIAGNÓSTICO DE LOS RADIOISÓTOPOS

En el uso de un isótopo en investigación clínica o experimental o en el diagnóstico de enfermedades, deben observarse las siguientes reglas:

a) El elemento, así como su número atómico y peso atómico deben conocerse con precisión, lo mismo que su esquema de desintegración, o sea qué radiaciones emite y en qué forma.

b) La *vida media* debe tener una duración apropiada, ya que sólo en casos excepcionales se pueden emplear elementos con vida media muy corta. Es de hacer notar que al hablar de vida media, en biología, debe distinguirse entre *vida media física* (tiempo de desintegración de la mitad de los átomos radiactivos), *vida media biológica* (tiempo requerido para que la mitad de los átomos radiactivos se excreten) y *vida media efectiva*, que es una combinación de las dos anteriores, merced a la fórmula siguiente: vida media

$$\text{efectiva} = \frac{\text{vida media física} \times \text{vida media biológica}}{\text{vida media física} + \text{vida media biológica}}$$

c) Las radiaciones que emite, su energía y efecto biológico deben ser bien conocidos. La protección contra las mismas debe ser fácil de realizar.

d) La provisión de las cantidades necesarias de isótopos no debe constituir un problema: su toxicidad química o física debe ser muy escasa o nula.

En el campo de la medicina los isótopos tienen numerosas aplicaciones diagnósticas. Se emplea el sodio para la determinación de flujo y volumen sanguíneo, midiendo el tiempo que tarda en recorrer una distancia determinada o llegar a un cierto lugar luego de ser inyectado por vía endovenosa. El cálculo de la cantidad total de agua del organismo y su distribución en los diferentes compartimentos se realiza con deuterio y es muy útil en los casos de shock. La función suprarrenal se estudia, entre otros métodos, midiendo la concentra-

ción y eliminación urinarias de sodio y potasio radiactivos. La "marcación" de células, como los glóbulos rojos de la sangre, con cromo o hierro radiactivos permite estudiar su mecanismo de formación en la médula ósea, su pasaje a la sangre, tiempo que persisten en la circulación y manera de eliminarse; métodos muy precisos para el correcto diagnóstico de sus alteraciones, y, en consecuencia, de la manera exacta de tratarlas. Los tumores malignos y benignos tienen, en ciertos casos, afinidad por algún elemento y esto permite la aplicación del yodo, fósforo, potasio, cobre, manganeso, o arsénico radiactivos para localizarlos, no sólo a los tumores originales, sino también para averiguar si existe o no diseminación (metástasis) de los mismos en el organismo; en este sentido los isótopos son particularmente útiles en el caso de tumores de tiroides, óseos o cerebrales. El estudio de las modificaciones que sufre una sustancia al penetrar en el organismo es imposible sin el empleo de los radioisótopos debido a que al mezclarse con las ya existentes desaparece y no se lo puede identificar más; al "marcarlas" con un elemento radioactivo, ya pueden ser identificados sus productos de metabolismo intermedio o final, su vía de excreción o eliminación, sus transformaciones en otras sustancias, etc. Como es el caso del yodo en el estudio de la síntesis y metabolismo de la hormona tiroidea, el carbono o el hidrógeno en las transformaciones de hidratos de carbono, proteínas y grasas, etc.

En lo que se refiere a la fisiología y a la química del sistema nervioso central se han hecho conquistas de singular importancia: no sólo es posible "marcar" los átomos que intervienen en la actividad cerebral, sino que también es posible seguir la marcha del alcohol o de los somníferos en el interior del cerebro y medir sus efectos.

#### APLICACIONES TERAPÉUTICAS DE LOS RADIOISÓTOPOS

Deben observarse la mayoría de las reglas citadas al explicar el uso diagnóstico, con excepción de la cantidad, ya que en los casos de estudios metabólicos las cantidades deben ser pequeñas y no tóxicas, mientras en casos terapéuticos deben emplearse cantidades grandes en muchas ocasiones.

Sus usos más frecuentes son en el tratamiento del cáncer. En formas consideradas como intratables con radium, debido a lo avan-

## CIENCIA

zado de las lesiones, la utilización de la teleterapia con cobalto, iridio o cesio puede dar resultados espectaculares. En algunos tipos de cáncer de tiroides con metástasis se emplea la propiedad de la afinidad de esta glándula por el yodo y se administra el radioisótopo de este elemento en cantidades suficientes para llegar y destruir la mayoría de las células malignas; igual propiedad se emplea en algunos casos de leucemias, aplicando fósforo radiactivo. Algunos tumores cerebrales se benefician marcadamente con la aplicación, dentro de la masa tumoral, de oro o cobalto radiactivos. El oro también ha sido empleado, al igual que el cromo, para la destrucción de la hipófisis, en casos en los cuales estaba indicada la hipofisectomía, como es el del cáncer de mama o próstata o la diabetes muy avanzada en sus complicaciones. Con estos métodos, enfermos condenados a morir en pocos días o meses han visto prolongada su existencia por varios años y en satisfactorio estado general.

También se usa el yodo radiactivo en el tratamiento del hipertiroidismo. El radioisótopo llega a la glándula tiroides hiperfuncionante y, al fijarse en la misma, la destruye en parte por medio de sus radiaciones, reduciéndola en su función a una secreción de hormona que se ajuste a las necesidades normales del organismo.

### APLICACIONES EN OTRAS CIENCIAS

En la medicina veterinaria tienen múltiples usos los radioisótopos. Son especialmente importantes las investigaciones en las que se emplea el carbono para estudiar la formación de leche en la glándula mamaria y el mecanismo de la síntesis de proteínas y lactosa en la misma. En los animales comunes de laboratorio el uso de elementos radiactivos es muy frecuente, ya sea en experimentos "in vivo" o "in vitro" empleando órganos aislados.

Los agrónomos, agregando isótopos a los medios de cultivo o fijándolos por otros procedimientos en las plantas han podido estudiar con mayor precisión su metabolismo o la formación de distintas sustancias, algunas de las cuales, como el digital, tan útiles en la terapéutica humana. Los procesos vitales de las plantas, especialmente el muy complejo de la fotosíntesis, es posible registrarlos minuciosamente gracias a los radioisótopos. Los átomos "marcados" han mostrado,

asimismo, la forma en que las sustancias químicas circulan a través de las raíces hasta llegar al tallo, las hojas y las flores. Tales conquistas ofrecen un grande interés para la agricultura, pues es posible valorar el volumen de los minerales absorbidos por las plantas, lo que está en relación con las diferentes clases de suelos y los abonos usados. Inclusive, el movimiento de ciertos radioisótopos (el tritio, hidrógeno radiactivo que hemos mencionado) permite calcular hoy la proporción de lluvia originada por las aguas terrestres y marinas, de particular importancia para las ciencias agronómicas.

En ciencias naturales, midiendo la radiactividad del carbono, se ha podido precisar con mayor exactitud la edad de los restos fósiles y la antigüedad de las diversas capas de la tierra. Sobre este último tópico, el doctor Mario E. Teruggi, profesor de petrografía de la facultad de Ciencias Naturales y jefe del departamento de geología y paleontología del Museo de La Plata, ha hecho una valiosa puesta al día en un artículo (*La edad de la Tierra*) publicado en la REVISTA DE EDUCACIÓN, La Plata, agosto de 1957.

A los bioquímicos y biofísicos les ha sido dado entrar un poco más en los complejos sistemas metabólicos y de intercambio celular al poder seguir la evolución de las sustancias con precisión y han influido mucho en el mejor conocimiento de todos estos procesos normales que al alterarse producen las enfermedades y cuya correcta interpretación es fundamental para un buen diagnóstico y tratamiento.

Hoy día el campo del uso de los radioisótopos se amplía continuamente y su empleo se hace de rutina, no sólo en la investigación científica, sino también en la enseñanza de los futuros profesionales. Toda universidad moderna debe encarar, pues, el programa de formar personal técnico y auxiliar especializado en el uso de radioisótopos y destinar partidas especiales para este fin. Al respecto, la Universidad Nacional de La Plata ha creado una Comisión Especial Interfacultades que estudia éste y otros problemas básicos de física nuclear, con lo que pronto podremos agregar nuevos métodos a nuestros trabajos científicos. Por de pronto, el Instituto de Fisiología Humana, dependiente de la facultad de Medicina, ha acondicionado recientemente parte de sus instalaciones para iniciar en breve investigaciones con radioisótopos.