

XVII REUNIÓN ANUAL SNE
Palma de Mallorca. Octubre 1991

13.05 MÉTODOS DE DATACIÓN BASADOS EN LAS SERIES DEL URANIO

José-Guillermo Sánchez León
Felix Recio Velasco

Empresa Nacional del Uranio S.A. (Fabrica de Juzbado)
Apartado de correos 328
37080 SALAMANCA

SINOPSIS

Desde que se conoce la propiedad de los átomos radiactivos de transformarse en descendientes con constantes de desintegración bien conocidas, el fenómeno de la radiactividad se ha utilizado como método de datación de minerales, rocas, objetos antiguos, etc. El más popular de estos métodos es del ^{14}C sin embargo existen otros métodos menos conocidos y no por ellos menos prácticos. En concreto en la ponencia nos referimos a los métodos basados en las serie del uranio, especialmente los que utilizan la medida del desequilibrio en algunos miembros de las cadenas de desintegración del U-238 ó U-235.

Los elementos que integran las dos series del Uranio (^{238}U y ^{235}U) están ampliamente difundidos por la Naturaleza. Las relaciones en las que se encuentran los elementos de estas cadenas en un medio determinado, junto con un estudio del mismo, constituyen un excelente método de datación. Hasta tal punto que en algunos casos ha servido como método de calibración del método del ^{14}C .

Los métodos basados en la series del uranio cubren un amplio espectro (Geología, Paleontología, Paleoclimatología y Arqueología). Por su especial interés en la actividad podrían ser de gran utilidad para el estudio del almacenamiento definitivo de residuos radiactivos.

ENUSA, en su Fábrica de Juzbado, dispone de un Laboratorio de Medidas de Radiactividad Ambiental en el que se están poniendo a punto técnicas analíticas que permitirán medir los isótopos de mas interés de las cadenas de los Uranios.

INTRODUCCIÓN

La característica de los radionucleidos de transformarse en elementos descendientes con una constante de desintegración constante - independiente del tiempo y de las condiciones físicas y químicas del medio en el que se encuentran - proporciona un reloj excelente para determinar la antigüedad del medio en el que se encuentren. En principio bastaría con medir las relaciones de nucleidos, de una misma serie radiactiva, presentes en una muestra para, aplicando las ecuaciones matemáticas apropiadas, determinar la antigüedad de la misma. Sin embargo para poder aplicar esta técnica hay que tener en cuenta varios hechos:

- a) El sistema sobre el que se haga la datación debe ser cerrado, es decir, el cambio de concentración de los nucleidos, que afectan a la datación, se deberá exclusivamente a la desintegración radiactiva. En los sistemas abiertos, debemos conocer la tasa de intercambio con el exterior de estos nucleidos.
- b) El cuerpo que se pretenda datar debe contener en el momento de su formación exclusivamente el nucleido padre, ó tenemos alguna forma de conocer las cantidades iniciales de los nucleidos descendientes.
- c) Los isótopo utilizados en la datación deben ser apropiados a la antigüedad del cuerpo que se va a datar y encontrarse en una cantidad suficiente para poder ser medidos con precisión.

MÉTODOS DE DATACIÓN BASADAS EN LAS SERIES DEL URANIO.

Los isótopos de las series del uranio están ampliamente difundidos, además al estar formados por isótopos con características físico-químicas diferentes las hacen adecuadas para cubrir una amplia variedad de medios y períodos (ref 1 y 2). En la Tabla de la página 4 se enumeran los métodos basados en las series del Uranio mas utilizados, estos podemos dividirlos en dos grupos:

- a) El primer grupo incluye los métodos que comparan las concentraciones en el momento presente de un nucleido con el nivel estimado en el momento inicial, ó, lo que es equivalente, medir la concentración actual de un descendiente y se compara con el nucleido padre. Real-

mente esto constituye una aplicación directa del método general descrito en la introducción. En este grupo se incluyen los dos últimos métodos enumerados en la Tabla de la pag 4 (U/Pb y Th/Pb).

- b) El segundo grupo lo forman los métodos basados en la medida de los desequilibrios del uranio cuyos principios describimos brevemente a continuación: Los descendientes del uranio (tanto de la serie del ^{238}U , como de la del ^{235}U) en los sistemas cerrados durante largo tiempo están en equilibrio secular con los nucleidos padres, ya que sus períodos de semidesintegración son muy inferiores a los de los padres y a la antigüedad de la mayoría de las rocas. Sin embargo, ocurre que en algún momento del pasado el sistema cerrado deja de serlo y el equilibrio se rompe pues alguno de los nucleidos emigra del lugar de formación creándose un desequilibrio, pasado un tiempo el sistema vuelve a poder considerársele cerrado y de nuevo se alcanza el equilibrio secular. Utilizando estos hechos se han desarrollado dos tipos de métodos:

b.1) Métodos basados en la medida de las acumulaciones de descendientes del uranio (método de la diferencia de descendientes). Como ejemplos de este tipo es el $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$.

b.2) La formación de descendientes insolubles en ciclos hidrológicos proporciona un método de datación basado en la acumulación de estos descendientes.

Por su especial interés, a continuación se describen los métodos mas utilizados de este segundo grupo. Todos están basados en la medida del desequilibrio en alguno o varios miembros de las cadenas de desintegración del U-235 o del U-238.

MÉTODO DE DATACION	NUCLEIDO	PERÍODO AÑOS	APLICACIÓN
$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ acumulación del ^{230}Th	^{230}Th	$\leq 3,5 \times 10^5$	Carbonatos terrestres y marinos y rocas volcánicas
$^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ acumulación del ^{231}Pa	^{231}Pa	$\leq 1,5 \times 10^5$	"
$^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ acumulación del ^{231}Pa y ^{230}Th	^{231}Pa ^{230}Th	$\leq 2 \times 10^5$	"
$^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ acumulación del ^{226}Ra	^{226}Ra	$\leq 1,0 \times 10^4$	Es ampliamente utilizado para comprobar si el sistema es cerrado. Se amplía a lo mismo que los anteriores
$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ exceso de ^{234}U	^{234}U	$\leq 1,25 \times 10^6$	Se aplica a algunos fósiles coralinos y aguas
Exceso de ^{230}Th	^{230}Th	$\leq 3 \times 10^5$	Tasa de sedimentación en aguas profundas marinas
Exceso de ^{231}Pa	^{231}Pa	$\leq 1,5 \times 10^5$	Tasa de sedimentación en aguas profundas marinas
$^{234}\text{Th} / ^{232}\text{Th}$	^{230}Th	$\leq 3 \times 10^5$	Tasa de sedimentación en aguas profundas marinas
Exceso de ^{234}Th	^{234}Th	$\leq 0,3$	Tasa de sedimentos en agua superficiales u en estudios de diagénesis
$^{230}\text{Th} / ^{232}\text{Th}$ Exceso de ^{232}Th	^{238}Th	$\leq 0,01$	
Exceso de ^{210}Pb	^{210}Pb	$\leq 10^2$	Tasa de sedimentación en aguas superficiales (lagos, estuarios, ambientes marinos etc..)
He / U Acumulación de He procedente de α Uranio	U	$\leq 10^6$	Fósiles coralinos y aguas subterráneas
U / Pb Th / Pb	$^{230}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ $^{232}\text{Th} / ^{208}\text{Pb}$	Entre 10^7 y $\leq 4,5 \times 10^8$	Numerosos tipos de roca

Acumulación de descendientes del Uranio

Los primeros métodos utilizados fueron los que empleaban las medidas de las relaciones $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ -ec(1)- y $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -ec(2)-, sin embargo para que (1) y (2) sean válidas es necesario asumir la condición de equilibrio secular entre el ^{234}U y el ^{238}U , (es decir que la relación de actividades vale la unidad) lo que, en principio parece lógico. Posteriormente se descubrió que existían anomalías en la que la condición de equilibrio secular no se cumplía, en estos casos se utiliza la ec.3

$$^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = 1 - \frac{\lambda_{226}}{\lambda_{226} - \lambda_{230}} e^{-\lambda_{230}t} + \frac{\lambda_{230}}{\lambda_{226} - \lambda_{230}} e^{-\lambda_{226}t} \quad (1)$$

$$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U} = 1 - e^{-\lambda_{230}t} \quad (2)$$

$$^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = \frac{^{230}\text{Th}}{^{238}\text{U}} - \frac{\lambda_{230}}{\lambda_{226} - \lambda_{230}} (e^{-\lambda_{230}t} - e^{-\lambda_{226}t}) - \left(\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}} - 1 \right) \times \left[\frac{\lambda_{230}^2 e^{\lambda_{230}t} - \lambda_{230}\lambda_{234} e^{-\lambda_{234}t}}{(\lambda_{230} - \lambda_{234})(\lambda_{226} - \lambda_{234})} - \frac{\lambda_{226}\lambda_{230} e^{-\lambda_{226}t}}{(\lambda_{226} - \lambda_{234})(\lambda_{226} - \lambda_{230})} \right] \quad (3)$$

Esta última ecuación presenta las limitaciones siguientes: (i) sólo es aplicable a un período de 10.000 años y (ii) asume que ^{226}Ra era cero en el momento inicial, lo que no puede asegurarse pues la geoquímica del U y Ra son parecidas.

Además de estos métodos existen otros, basados en el mismo principio, que describimos a continuación.

Método del $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$

En aquellos casos en los que se puede asumir que la muestra a datar contenía ^{234}U y ^{238}U pero no ^{230}Th en el momento de su formación se puede aplicar la ec(4).

$$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U} = \frac{1 - e^{-\lambda_{230}t}}{^{234}\text{U}/^{238}\text{U}} + \left(1 - \frac{1}{^{234}\text{U}/^{238}\text{U}} \right) \times \frac{\lambda_{230}}{\lambda_{230} - \lambda_{234}} (1 - e^{(-\lambda_{230} - \lambda_{234})t}) \quad (4)$$

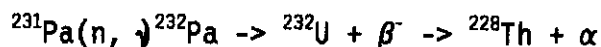
Este método cubre un período de unos 350.000 años

Método del $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$

El ^{231}Pa es un descendiente inmediato del ^{235}U (realmente existe un isótopo intermedio el ^{231}Th pero su período de semidesintegración es de sólo 25,6 horas de forma que siempre está en equilibrio secular con su progenitor el ^{235}U), su edad puede calcularse aplicando la ec (5). Se aplica para determinaciones de más de 200.000 años.

$$t = - \frac{\ln(1 - ^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U})}{\lambda_{235}} \quad (5)$$

En lugar de medirse el ^{235}U , que es difícil de medir con precisión, se mide el ^{238}U pues en la naturaleza, salvo raras excepciones, la relación entre ambos es constante ($^{238}\text{U}/^{235}\text{U} = 21.7$). El ^{231}Pa tampoco se suele medir directamente, en su lugar se miden sus descendientes el ^{227}Ac ó ^{227}Th con los que se supone en equilibrio secular. No obstante, el contenido en ^{231}Pa puede medirse directamente por activación neutrónica de acuerdo a la reacción:



Método del He/U

Este método consiste en medir la acumulación de Helio y el contenido de Uranio en la muestra que se pretende datar. El Helio procederá de partículas alfa emitidas por el uranio, y descendientes, que han capturado electrones. Es aplicable a aquellas muestras que sea razonable suponer que el Helio ha permanecido retenido en la muestra. Se ha aplicado a muestras del terciario y fósiles de al menos 10^6 años.

Medida del exceso de descendientes en las series del Uranio

La formación de descendientes insolubles en ciclos hidrológicos proporciona un método de datación basado en la acumulación de estos descendientes, por ejemplo: imaginemos una corriente de agua que contenga un compuesto soluble del uranio que al desintegrarse da lugar a un descendiente que forma un compuesto insoluble que se va depositando en el lecho. La medida del exceso de productos de desintegración del uranio acumulados en el sedimento nos proporciona información de la antigüedad de éste y de su ritmo de formación.

La antigüedad y la tasa de acumulación pueden expresarse por una ecuación como la ec (6)

$$C = C_0 e^{-\lambda t} \quad (6)$$

siendo λ la constante de decaimiento del descendiente depositado, C_0 el exceso de nucleido descendiente que normalmente estará dado por la relación: $1 - (\text{nucleido hijo} / \text{nucleido padre})$ en $t=0$; y C la misma relación en el momento, t , de la medida (notar que esta ecuación presupone que la actividad del padre se mantiene constante, lo que es razonable en la mayoría de los casos pues el período de semidesintegración de los descendientes suele ser mucho menor que el padre. Por otra parte el valor de C_0 es desconocido, hay que estimarlo haciendo suposiciones justificadas)

Método del $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$

El ^{234}U estaría en equilibrio secular con el ^{238}U si no fuese por la existencia de productos de desintegración intermedios, con distintas propiedades químicas a las del Uranio, sometidos a procesos como el descrito anteriormente. Aplicando la ec (6) a este caso particular se obtiene la ec (7)

$$[(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})_{\lambda} - 1] = [(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})_0 - 1] e^{-\lambda t} \quad (7)$$

-El principal problema de este método es que es necesario estimar las relaciones iniciales de $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ lo que sólo puede hacerse razonablemente en casos muy particulares.

Método de la medida del exceso del ^{230}Th

La tasa de sedimentación, s (cm/unidad de tiempo), en un sedimento de espesor x (cm) esta relacionada con la edad t por $s = x/t$, sustituyendo en la ec (6)

$$\ln C = \ln C_0 - (\lambda_{230} / s)x \quad (8)$$

Para obtener C (p.ej exceso de ^{230}Th) la medida del ^{234}U es sustraída de la actividad del ^{230}Th . Este método requiere hacer varias suposiciones como es considerar que la tasa de deposición es lineal.

Método del exceso del ^{231}Pa

Este método es complementario del anterior y esta sometido a sus mismas limitaciones, esta basado en la deposición en los sedimentos del ^{231}Pa .

Método del $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$

Este método es una mejora de los tres anteriores, para determinar C y C_0 utiliza $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ en vez del exceso de ^{230}Th . La razón de esta substitución es que el ^{230}Th suministra una medida de la cantidad inicial del ^{232}Th pues ambos poseen las mismas propiedades químicas. Sin embargo, el método tiene sus problemas pues, si bien ambos isótopos poseen las mismas propiedades químicas, su geoquímica es bastante diferente.

Método del $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$

Este método se basa en el corto tiempo de permanencia de estos nucleidos en el agua de mar comparado con sus períodos de semidesintegración. Como la abundancia de sus respectivos padres (^{238}U , ^{234}U y ^{235}U) es relativamente constante en el mar, la razón $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ añadido al sedimento.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Desde que se conoce la propiedad de los átomos radiactivos de transformarse en descendientes con constantes de desintegración bien conocidas, el fenómeno de la radiactividad se ha utilizado como método de datación de minerales, rocas, objetos antiguos, etc. El más popular de estos mé-

todos es del ^{14}C , sin embargo existen otros métodos menos conocidos y no por ello menos prácticos. En concreto en la ponencia nos referimos a los métodos basados en las serie del uranio.

Los elementos que integran las dos series del Uranio (^{238}U y ^{235}U) están ampliamente difundidos por la Naturaleza. Las relaciones en las que se encuentran elementos de estas cadenas en un medio determinado junto con un estudio del mismo constituyen un excelente método de datación. Hasta tal punto que en algunos casos ha servido como método de calibración del método del ^{14}C .

Los métodos basados en la series del uranio cubren un amplio espectro (Geología, Paleontología, Paleoclimatología y Arqueología). Por su especial interés en la actualidad podrían ser de gran utilidad para el estudio del almacenamiento definitivo de residuos radiactivos.

ENUSA, en su Fábrica de Juzbado, dispone de un Laboratorio de Medidas de Radiactividad Ambiental en el que se están poniendo a punto técnicas analíticas que permitirán medir los isótopos de mas interés de las cadenas de los series del uranio.

REFERENCIAS

- 1.- M. Ivanovich (1982) "Uranium Series Disequilibrium".
- 2.- E. Roth (1985) "Méthodes de Datation par les Phénomènes Nucléaires Naturels: Application".

13-05

**METODOS DE DATACION BASADOS
EN LAS SERIES DEL URANIO**

**J. G. SANCHEZ LEON y F. RECIO VELASCO
ENUSA**

INTRODUCCION

La característica de los radionucleidos de transformarse en elementos descendientes con una constante de desintegración constante —independiente del tiempo y de las condiciones físicas y químicas del medio en el que se encuentran— proporciona un reloj excelente para determinar la antigüedad del medio en el que se encuentren. En principio bastaría con medir las relaciones de nucleidos, de una misma serie radiactiva, presentes en una muestra para, aplicando las ecuaciones matemáticas apropiadas, determinar la antigüedad de la misma. Sin embargo, para poder aplicar esta técnica hay que tener en cuenta varios hechos:

- a) El sistema sobre el que se haga la datación debe ser cerrado, es decir, el cambio de concentración de los nucleidos, que afectan a la datación, se deberá exclusivamente a la desintegración radiactiva. En los sistemas abiertos debemos conocer la tasa de intercambio con el exterior de estos nucleidos.
- b) El cuerpo que se pretenda datar debe contener en el momento de su formación exclusivamente el nucleido

padre, o tenemos alguna forma de conocer las cantidades iniciales de los nucleidos descendientes.

- c) Los isótopos utilizados en la datación deben ser apropiados a la antigüedad del cuerpo que se va a datar y encontrarse en una cantidad suficiente para poder ser medidos con precisión.

MÉTODOS DE DATACIÓN BASADAS EN LAS SERIES DEL URANIO

Los isótopos de las series del uranio están ampliamente difundidos, además al estar formados por isótopos con características fisicoquímicas diferentes las hacen adecuadas para cubrir una amplia variedad de medios y períodos (1 y 2). En la tabla 1 se enumeran los métodos basados en las series del uranio más utilizados, éstos podemos dividirlos en dos grupos:

- a) El primer grupo incluye los métodos que comparan las concentraciones en el momento presente de un nucleido con el nivel estimado en el momento inicial, o, lo que es equivalente, medir la concentración actual de un descendiente y se compara con el nucleido padre. Realmente esto constituye una aplicación directa del método general descrito en la introducción. En este grupo se incluyen los dos últimos métodos enumerados en la tabla 1 (U/Pb y Th/Pb).
- b) El segundo grupo lo forman los métodos basados en la medida de los disequilibrios del uranio cuyos principios describimos brevemente a continuación. Los descendientes del uranio (tanto de la serie del ^{238}U , como de la del ^{235}U) en los sistemas cerrados durante largo tiempo están en equilibrio secular con los nucleidos padres, ya que sus períodos de semidesintegración son muy inferiores a los

de los padres y a la antigüedad de la mayoría de las rocas. Sin embargo, ocurre que en algún momento del pasado el sistema cerrado deja de serlo y el equilibrio se rompe pues alguno de los nucleidos emigra del lugar de formación creándose un disequilibrio, pasado un tiempo el sistema vuelve a poder considerarse cerrado y de nuevo se alcanza el equilibrio secular. Utilizando estos hechos se han desarrollado dos tipos de métodos:

- b.1) Métodos basados en la medida de las acumulaciones de descendientes del uranio (método de la diferencia de descendientes). Como ejemplos de este tipo es el $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$.

El ^{231}Pa es un descendiente inmediato del ^{235}U (realmente existe un isótopo intermedio el ^{231}Th , pero su período de semidesintegración es breve de forma que siempre está en equilibrio secular con su progenitor el ^{235}U), su edad puede calcularse aplicando la ecuación (1).

$$t = \frac{\ln(1 - \frac{^{231}\text{Pa}}{^{235}\text{U}})}{\lambda_{235}} \quad (1)$$

- b.2) La formación de descendientes insolubles en ciclos hidrológicos proporciona un método de datación basado en la acumulación de estos descendientes, por ejemplo: imaginemos una corriente de agua que contenga un compuesto soluble del uranio que al desintegrarse da lugar a un descendiente que forma un compuesto insoluble que se va depositando en el lecho. La medida del exceso de productos de desintegración del uranio acumulados en el sedimento nos proporciona información de la antigüedad de éste y de su ritmo de formación. la antigüedad y

TABLA 1

Método de datación	Nucleido	Período años	Aplicación
$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ acumulación del ^{230}Th	^{230}Th	$\leq 3,5 \times 10^5$	Carbonatos terrestres y marinos y rocas volcánicas
$^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ acumulación del ^{231}Pa	^{231}Pa	$\leq 1,5 \times 10^5$	Carbonatos terrestres y marinos y rocas volcánicas
$^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ acumulación del ^{231}Pa y ^{230}Th	^{231}Pa ^{230}Th	$\leq 2 \times 10^5$	Carbonatos terrestres y marinos y rocas volcánicas
$^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ acumulación del ^{226}Ra	^{226}Ra	$\leq 1,0 \times 10^4$	Es ampliamente utilizado para comprobar si el sistema es cerrado. Se amplía a lo mismo que los anteriores
$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ exceso de ^{234}U	^{234}U	$\leq 1,25 \times 10^6$	Se aplica a algunos fósiles coralinos y aguas
Exceso de ^{230}Th	^{230}Th	$\leq 3 \times 10^5$	Tasa de sedimentación en aguas profundas marinas
Exceso de ^{231}Pa	^{231}Pa	$\leq 1,5 \times 10^5$	Tasa de sedimentación en aguas profundas marinas
$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	^{230}Th	$\leq 3 \times 10^5$	Tasa de sedimentación en aguas profundas marinas
Exceso de ^{234}Th	^{234}Th	$\leq 0,3$	Tasa de sedimentos en aguas superficiales y en estudios de diagénesis
$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ Exceso de ^{232}Th	^{230}Th	$\leq 0,01$	Tasa de sedimentos en aguas superficiales y en estudios de diagénesis
Exceso de ^{210}Pb	^{210}Pb	$\leq 10^2$	Tasa de sedimentación en aguas superficiales (lagos, estuarios, ambientes marinos, etc.)
He/U Acumulación de He procedente las α Uranio	U	$\leq 10^5$	Fósiles coralinos y aguas subterráneas
U/Pb Th/Pb	$^{230}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$	Entre 10^7 y $\leq 4,5 \times 10^8$	Numerosos tipos de roca

la tasa de acumulación pueden expresarse por una ecuación como la ecuación (2).

$$C = C_0 e^{\lambda t} \quad (2)$$

Siendo λ la constante de decaimiento del descendiente depositado, C_0 el exceso de nucleido descendiente que normalmente estará dado por la relación: 1 — (nucleido hijo/nucleido padre) en $t=0$; y C la misma relación en el momento, t , de la medida (notar que esta ecuación presupone que la actividad del padre se mantiene constante, lo que es razonable en la mayoría de los casos pues el período de semidesintegración de los descendientes suele ser mucho menor que el del padre. Por otra parte, el valor de C_0 es desconocido, hay que estimarlo haciendo suposiciones justificadas).

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Desde que se conoce la propiedad de los átomos radiactivos de transformarse en descendientes con constantes de desintegración bien conocidas, el fenómeno de la radiactividad se ha utilizado como método de datación de minerales, rocas, objetos antiguos, etc. El más popular de estos métodos es del ^{14}C , sin embargo, existen otros métodos menos conocidos y no por ello menos prácticos. En concreto en la ponencia nos referimos a los métodos basados en las series del uranio.

Los elementos que integran las dos series del Uranio (^{238}U y ^{235}U) están ampliamente difundidos por la Naturaleza. Las relaciones en las que se encuentran elementos de estas cadenas en un medio determinado junto con un estudio del mismo constituyen un excelente método de datación. Hasta tal punto que en algunos casos ha servido como método de calibración del método del ^{14}C .

Los métodos basados en las series del uranio cubren un amplio espectro (Geología, Paleontología, Paleoclimatología y Arqueología). Por su especial interés en la actualidad podrían ser de gran utilidad para el estudio del almacenamiento definitivo de residuos radiactivos.

ENUSA, en su Fábrica de Juzbado, dispone de un Laboratorio de Medidas de Radiactividad Ambiental en el que se están poniendo a punto técnicas analíticas que permitirán medir los isótopos de más interés de las cadenas de los Uranios.

REFERENCIAS

- (1) M. IVANOVICH: "Uranium Series Disequilibrium", 1982.
- (2) E. ROTCH: "Méthodes de Datation par les Phénomènes Nucléaires Naturels: Application", 1985.