SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

BICENTENARIO PERÚ 2021

LA EDAD DE LAS ROCAS

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

LA EDAD DE LAS ROCAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET

Av. Canadá 1470 San Borja - Lima

Presidenta Ejecutiva
Susana Vilca Achata

Gerente General
César Rubio Mori

Dirección de Geología Regional
Rildo Rodríguez Mejía

Unidad de Relaciones Institucionales
Yorri Carrasco Pinares

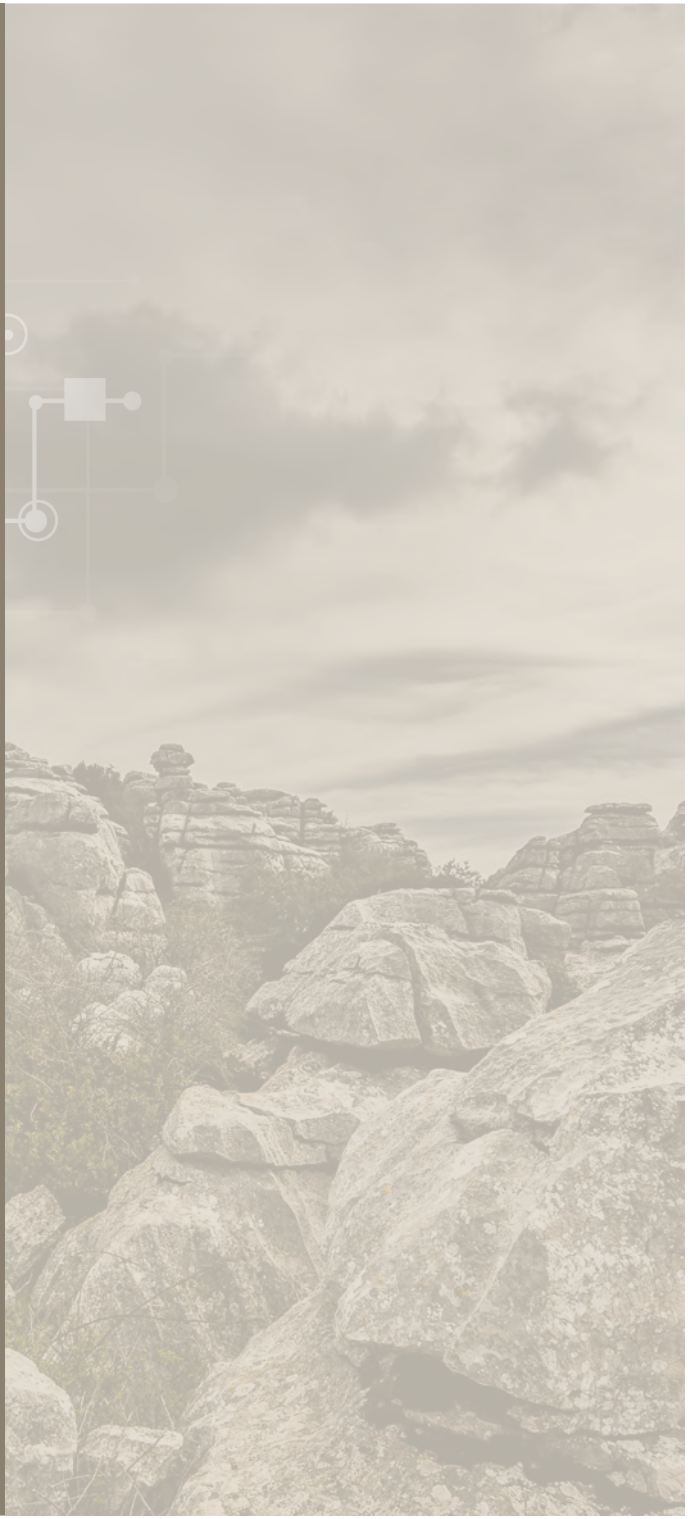
Edición:
Dante Soberón Ortiz

Diagramación y diseño:
Nuria Chambi Moloche

Fotografías
Archivo del Ingemmet

INGEMMET
Derechos Reservados.

Perú - Marzo -2021



INTRODUCCIÓN

Todos los seres humanos sabemos cuántos años tenemos, pero cuando conocemos a alguien; a menudo le preguntamos ¿cuántos años tienes? Los geólogos, cuando analizan una roca; se preguntan ¿Qué edad tendrá esta roca?... Podría parecer imposible saber los años que tiene una roca, es difícil, pero es posible calcular su edad.

Antes de contarte como averiguamos la edad de las rocas, es necesario que te expliquemos algunas cosas esenciales; como el origen de las rocas. Un buen ejemplo sería cuando estamos cerca de un río o en la playa, seguramente nos gusta jugar y hacer castillos de arena. Pero, ¿sabías que esa arena de playa se puede transformar en una roca sedimentaria?, y cuando sea roca, luego de millones de años; el viento, la lluvia o el hielo; pueden transformar la roca en arena nuevamente. Ese proceso por el cual la arena se transforma en roca se llama Diagénesis.

Seguramente has escuchado también sobre los volcanes y lo peligrosos que son, pero quizá no sabes que en el interior de esos volcanes hay un líquido muy caliente que se llama magma y que cuando el volcán erupciona, ese líquido sale del interior y se derrama por todos los lados del volcán, en ese momento ese líquido se llama lava y al enfriarse forman rocas ígneas. En ese momento, cuando ya la roca esta fría y luego de muchísimos años, nuevamente la lluvia, el viento y el hielo; transformarán esa roca ígnea en arena. Pero también sucede que a medida que hay más y más arena (sedimentos), los primeros granos quedan enterrados y debido a la presión y el aumento de temperatura pueden transformarse en magma por medio de un proceso llamado fusión: Tanto la fusión como la diagénesis, desintegración y la solidificación son fenómenos que ocurren dentro del ciclo de las rocas.

Posiblemente, los gráficos te parezcan difíciles de entender y quizá lo son; pero nuestra intención no es que entiendas los gráficos; sino que sepas que las rocas son un conjunto de minerales y que gracias a ellos podemos calcular la edad de las rocas; te vamos a contar que en nuestro país las rocas más antiguas tienen 1800 Ma (millones de años) y las más jóvenes son las rocas ígneas que fueron emitidas por el volcán Sabancaya que esta expulsando material desde el 2016. Finalmente, queremos mencionarte que la edad de las rocas mas antiguas del planeta es 4600 Ma y que es gracias a los minerales que los geólogos, podemos contarte lo que sucedió con el planeta, desde la formación de su primera roca hasta el día de hoy.

El ciclo de las rocas

Te puedes estar preguntando ¿por qué te contamos esto?, la respuesta es muy sencilla; te contamos una parte del ciclo de las rocas, porque ese grano de arena es al mismo tiempo un mineral y para obtener la edad de las rocas hay que preguntarles a los minerales, o, mejor dicho; hay que estudiar los minerales que forman las rocas.

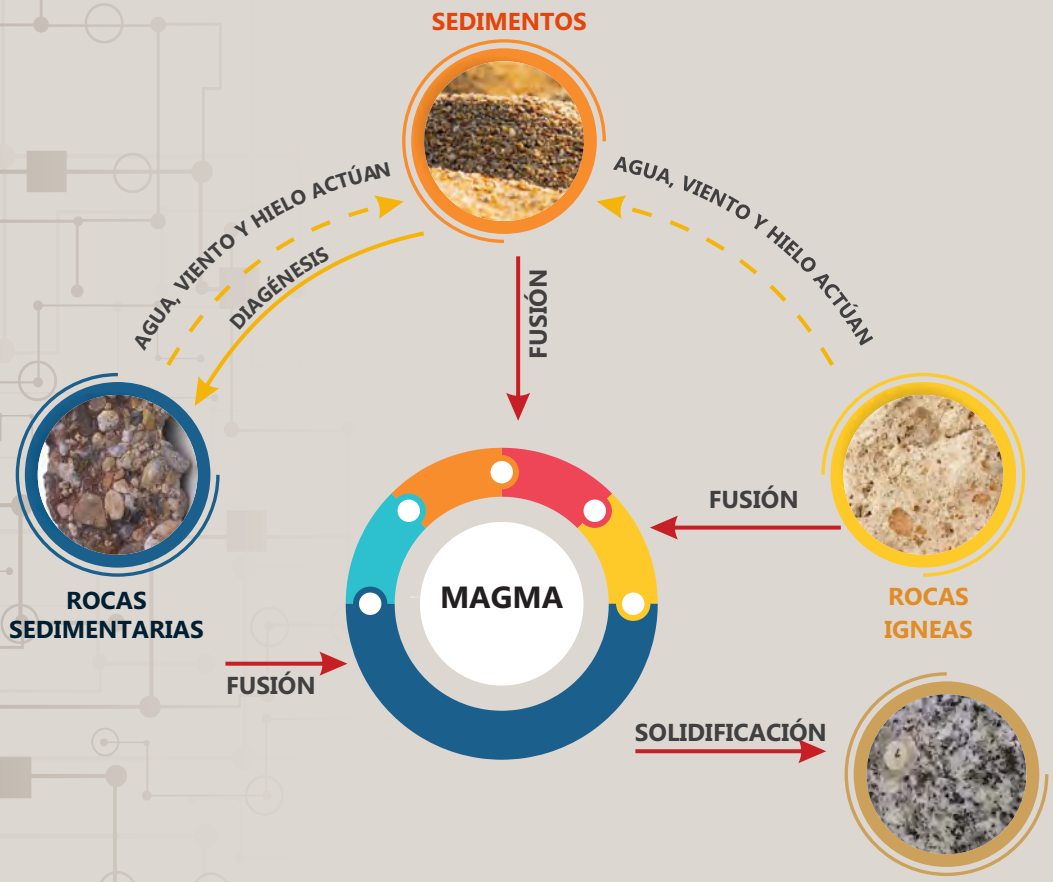
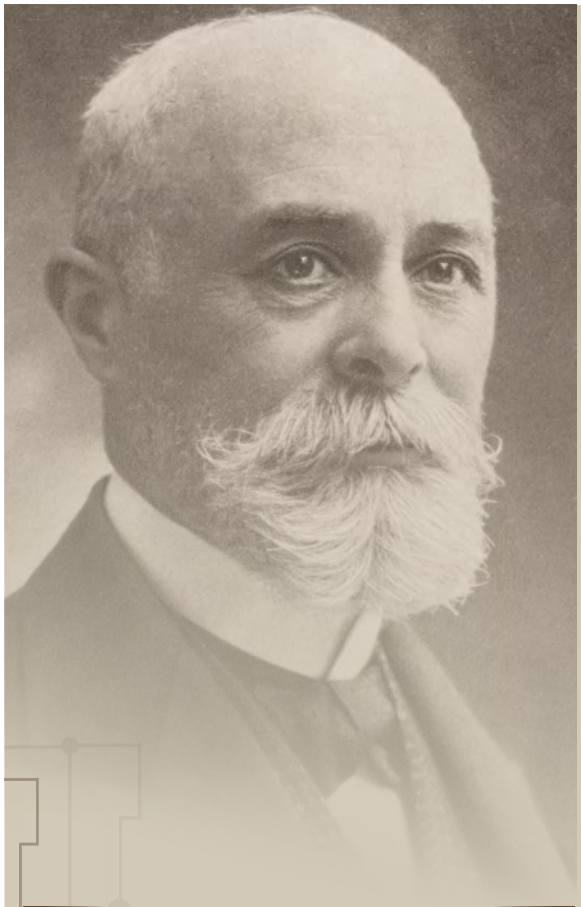


Figura 1. Esquema parcial del ciclo de las rocas, mostrando cada uno de los procesos formadores de rocas y sedimentos.



Antoine Henri Becquerel

Físico y premio Nobel francés que descubrió la radiactividad del Uranio.

En 1896 descubrió por accidente el fenómeno de la rediactividad en el transcurso de su investigación sobre la fluorescencia. Tras colocar sales de uranio en una placa fotográfica en una zona oscura, Becquerel comprobó que la placa se había ennegrecido. Esto demuestra que el uranio debe emitir su propia energía, a la que posteriormente se denminó rediactividad.

También dirigió investigaciones importantes sobre la fosforescencia (véase Luminiscencia), espectroscopia y la aborción de la luz.

Historia

Las rocas se forman en un lapso de tiempo, por lo tanto tienen una edad; la pregunta que surge automáticamente es: ¿Es posible determinar con precisión esta edad? La respuesta es SI, y en este folleto te contaremos como es que los geólogos del INGEMMET trabajan para determinar la edad de una roca. Pero primero te conduciremos por una disciplina de la geología que llamamos Geocronología.

La geocronología es la ciencia que tiene como objetivo determinar cuantitativamente la edad y sucesión cronológica (orden de lo más antiguo a lo más reciente) de los acontecimientos geológicos en la historia de la Tierra. Su principio se basa en el análisis de ciertos minerales que se encuentran en la roca y la cantidad de un elemento químico que hay dentro del cristal. Su nacimiento como ciencia geológica podría considerarse en 1896, cuando un científico francés; Henri Becquerel (Figura 2) por accidente descubre la Radiactividad. Entonces la primera conclusión que obtenemos es que la edad de una roca se puede calcular gracias a este fenómeno, el mismo que te explicaremos como sucede.

Fundamentos básicos

Para entender el fenómeno de Radiactividad, primero hay que saber que las rocas y los minerales son materia, entonces; la química nos dice que el elemento más pequeño de la materia es el átomo y dado que cada mineral consta de elementos químicos, podríamos concluir que cada átomo es similar a un elemento químico.

Este átomo tiene dentro de él, partículas (Figura 3) que pueden ser positivas (llamadas protones), negativas (denominadas electrones) o neutras (conocidos como neutrones). Tanto los protones como los neutrones se encuentran en el núcleo del átomo, mientras que los electrones giran en torno al núcleo y al ser negativas son atraídas a los protones mediante una fuerza conocida como **fuerza electromagnética.**

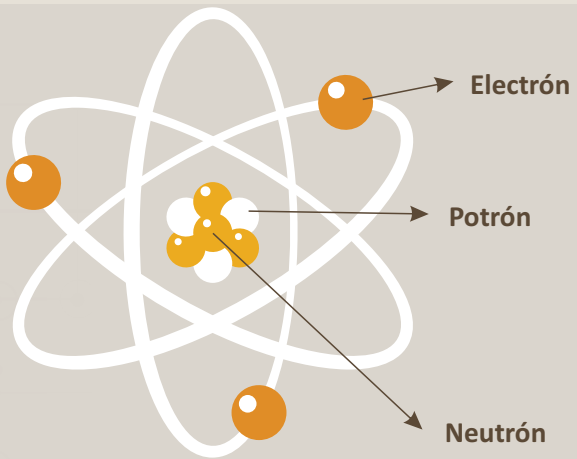


Figura 3. El átomo, en el núcleo protones (esferas rojas) y neutrones (esferas azules); los electrones girando en torno al núcleo en la nube electrónica.

Para entender mejor esto, imaginemos dos imanes; como es sabido, los imanes tienes dos polos denominado norte y sur (conocidos también como polos magnéticos). Si acercas dos polos opuestos estos se atraen y por ende se pegan, pero si acercamos dos polos iguales estos generan una fuerza que hace que los imanes se repelan y se alejen (Figura 4).

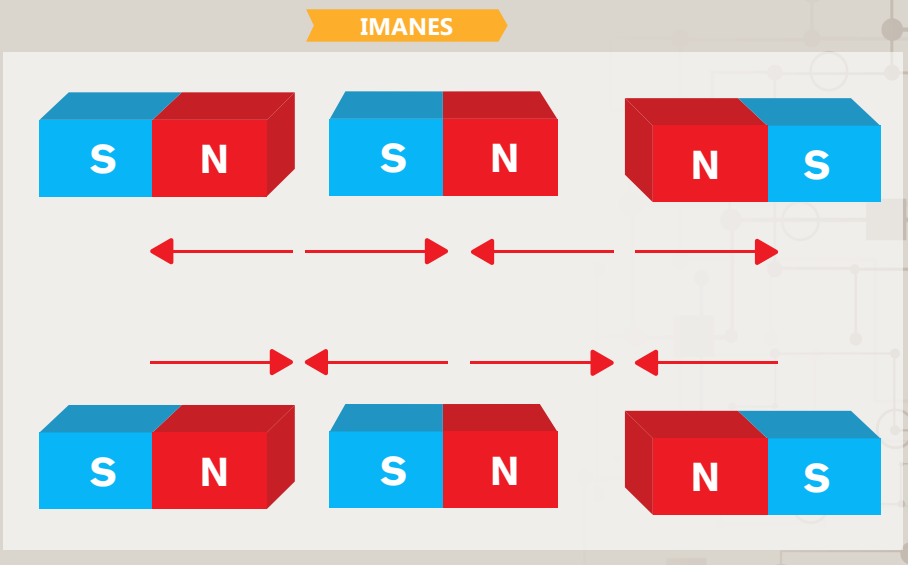


Figura 4. Ejemplo de los imanes, en la parte alta los ejemplos de repulsión entre polos iguales; mientras que, en la parte baje se ejemplifica la atracción de polos opuestos.

Cada elemento químico tiene un determinado número de protones en su núcleo y gracias a eso se nombran los elementos. Por ejemplo, los elementos Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) que al juntarse forman el agua; tienen 1 y 8 protones en su núcleo respectivamente. Cada elemento es único y siempre tendrá el mismo número de protones, si por algún fenómeno; un protón logra salir del núcleo, se transforma en otro elemento diferente... **¡Esto es la clave para entender cómo se calcula la edad de la roca!**

Volvamos por un momento al núcleo del átomo, ya sabemos que el número de protones tiene que ser siempre el mismo, ¿pero que sucede con los neutrones?; estos pueden ser iguales en número a los protones, pero también puede haber más, en cuyo caso; se dice que el átomo tiene isótopos. El exceso de neutrones (ósea isotopos) hace que el átomo se vuelve inestable y puede iniciar una cadena de desintegración y transformarse en elementos diferentes.

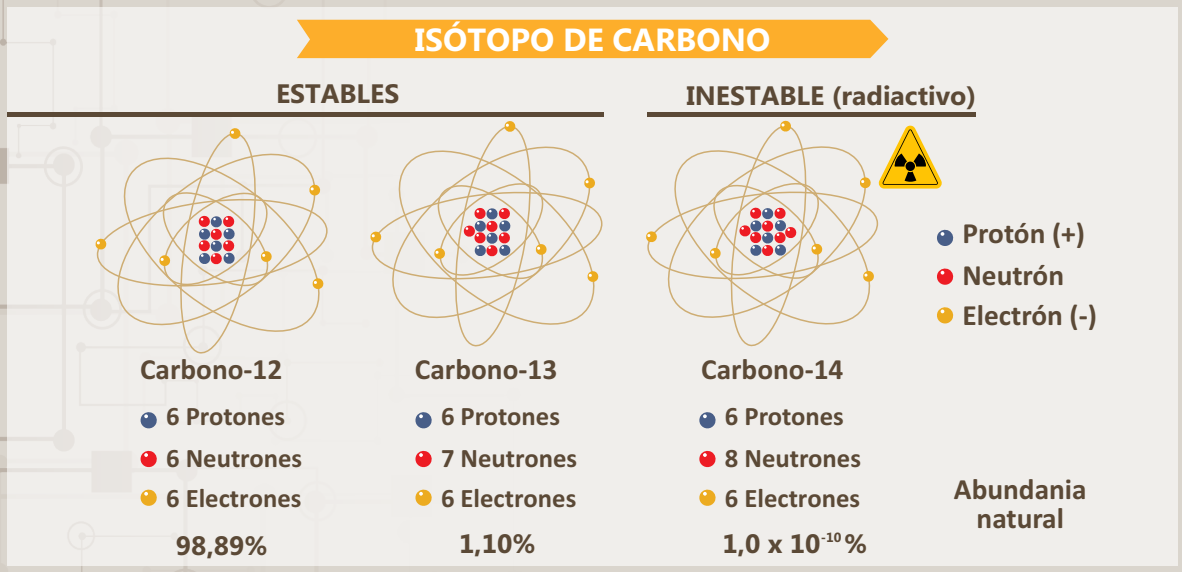


Figura 5. Variación de número de protones en átomos de Carbono.

Como se presentó antes, los protones tienen carga positiva y los neutrones no tienen carga alguna; también sabemos que gracias a la fuerza electromagnética los electrones son atraídos a los protones y gracias a ello no escapan de la nube electrónica. Pero, si los protones son de carga positiva; ¿cómo pueden estar juntos en el núcleo del átomo?

Si analizamos nuevamente el ejemplo de los imanes, si juntamos cargas similares; obviamente estas se rechazan y alejan; sin embargo, en el átomo existe otra fuerza que causa que los protones y neutrones permanezcan en el núcleo atómico, esta es la Fuerza nuclear; la que a menudo es más intensa que la fuerza que repele las cargas similares. Pero, cuando el número de protones aumenta (en caso de los isótopos), la fuerza electromagnética aumenta hasta sobrepasar a la fuerza nuclear y causa la expulsión de protones e inicia la cadena de desintegración (Figura 6).

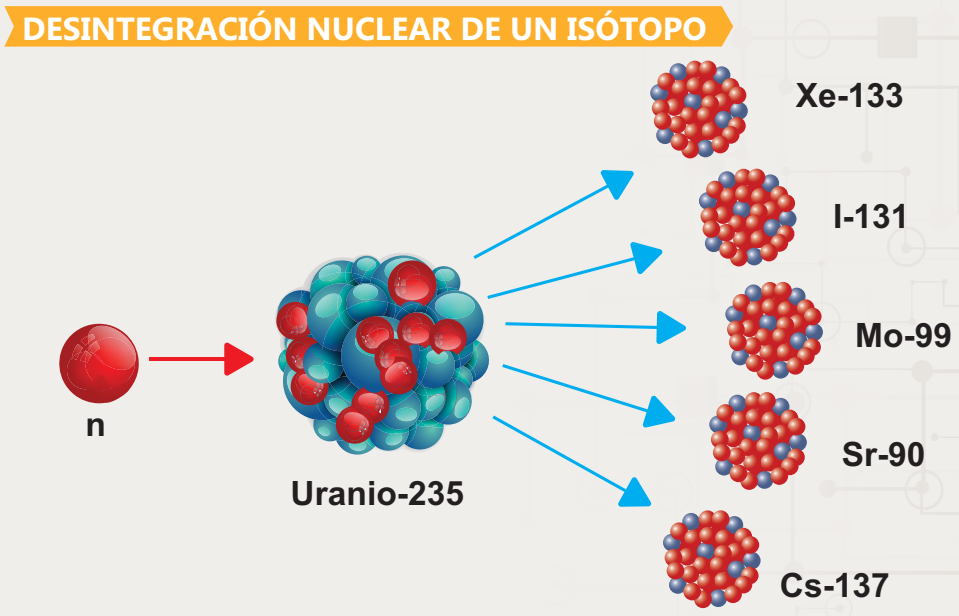


Figura 6. Ejemplo de la desintegración nuclear de un isótopo de Uranio (U), el cual decae y puede formar elementos como Xenón (Xe), Iridio (I), Molibdeno (Mo), Estroncio (Sr) y Cesio (Cs).

Método de datación de rocas

A menudo, se dice que el isótopo inicial (elemento original) es el isótopo padre (radiactivo) y después del proceso de desintegración nuclear, este isotopo decae en un nuevo elemento que llamamos isótopo hijo (radiogénico). Existen en la naturaleza un numero contado de isotopos padre o radiactivos (Tabla 1), estos pocos elementos son los que se miden dentro de los minerales y gracias a ese análisis se calcula la edad de la roca; dada esta cualidad, se les conoce también como **geocronómetros.**

ISÓTOPO PADRE	ISÓTOPO HIJO	VIDA MEDIA	GEOCRONÓMETRO
^{40}K	^{40}Ar, ^{40}Ca	1.28×10^{9} años	K-Ar
^{87}Rb	^{87}Sr	4.8×10^{10} años	Rb-Sr
^{138}La	^{138}Ce	2.59×10^{11} años	La-Ce
^{147}Sm	^{143}Nd	1.06×10^{11} años	Sm-Nd
^{176}Lu	^{176}Hf	3.6×10^{10} años	Lu-Hf
^{187}Re	^{157}Os	4.23×10^{10} años	Re-Os
^{232}Th	^{208}Pb, ^{4}He	1.4×10^{10} años	Th-Pb
^{235}U	^{207}Pb, ^{4}He	7.07×10^{8}años	U-Pb
^{238}U	^{206}Pb, ^{4}He	4.47×10^{10} años	U Pb

Minerales y temperaturas

En los párrafos iniciales de este folleto, se mencionó que la geocronología analiza ciertos minerales, pero; en este punto, es crucial saber que la edad de un mineral no es exactamente la edad de una roca. La razón es que un mineral cristaliza a ciertas condiciones de temperatura y es solo hasta el límite del intervalo de temperatura que el cristal puede guardar información de su edad. Dicho esto, podemos mencionar que una roca ígnea cristaliza a

aproximadamente 800°C, por lo que su edad mas precisa será la de un mineral que cristalice también a esa temperatura (Figura 7).

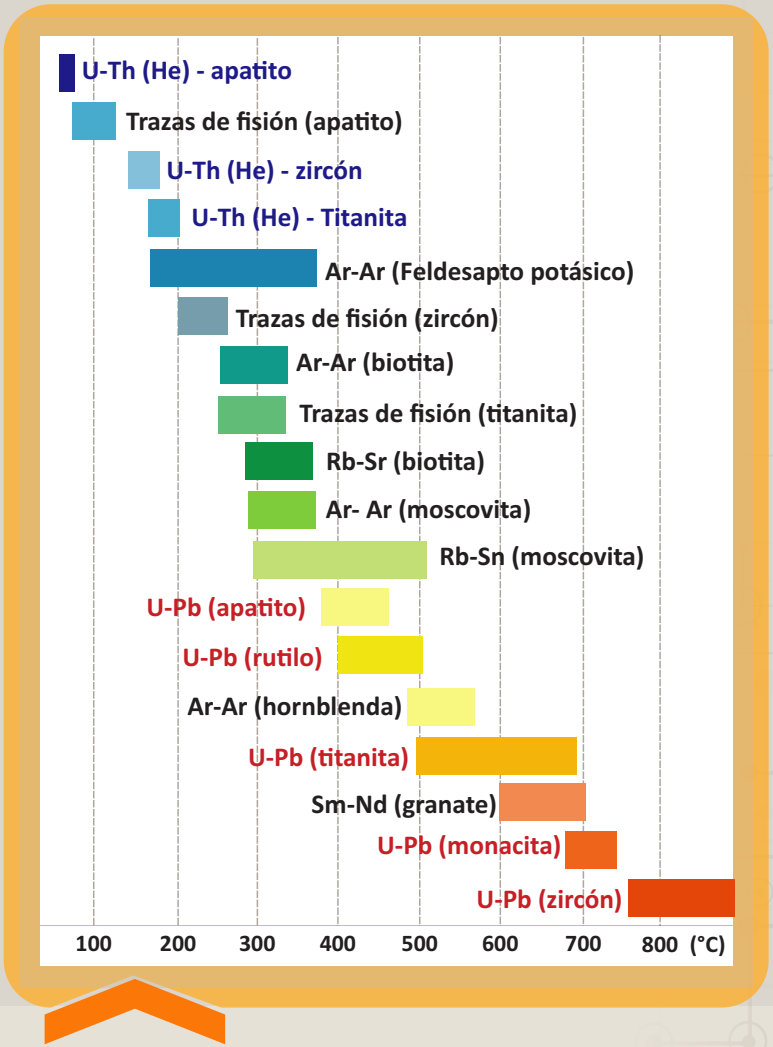


Figura 7. Temperatura de cierre de algunos minerales por método de datación radiométrica.

La conclusión más acertada de una edad radiométrica, es que se trata de un tiempo en el cual un mineral se encontraba a una determinada temperatura, y que mientras la temperatura del mineral sea más cercana a la de la cristalización de las rocas; se puede asumir como edad de la roca.

Al observar la figura 7, es concluyente que, si queremos acercarnos a la edad de la roca, una datación U-Pb en zircones es la mejor opción y es también el método que empleamos en el INGEMMET para fechar las rocas del Perú.

Trabajo de datación

Los geólogos son los encargados de obtener las muestras que se someterán a los geocronómetros, estas muestras pasan por un proceso de chancado y separación granulométrica (tamaño de grano) con tamices. El método de datación y el mineral a datar se eligen considerando los fines para el cual se realiza el estudio (no siempre se busca la edad de la roca), hecho la elección; se continúa con la separación manual de los minerales y su concentración, en el caso de fechar edades de rocas; se concentran 100 cristales de zircón, los que se envían al laboratorio para ser sometidos al geocronómetro escogido.

El trabajo en el laboratorio implica inicialmente el montaje de zircones y la toma de imágenes de catodoluminiscencia. Estas imágenes se realizan con el fin de observar y resaltar las características de los zircones (Figura 8), de esa manera se escogen aproximadamente 20 granos para ser sometidos al análisis de fechamiento.

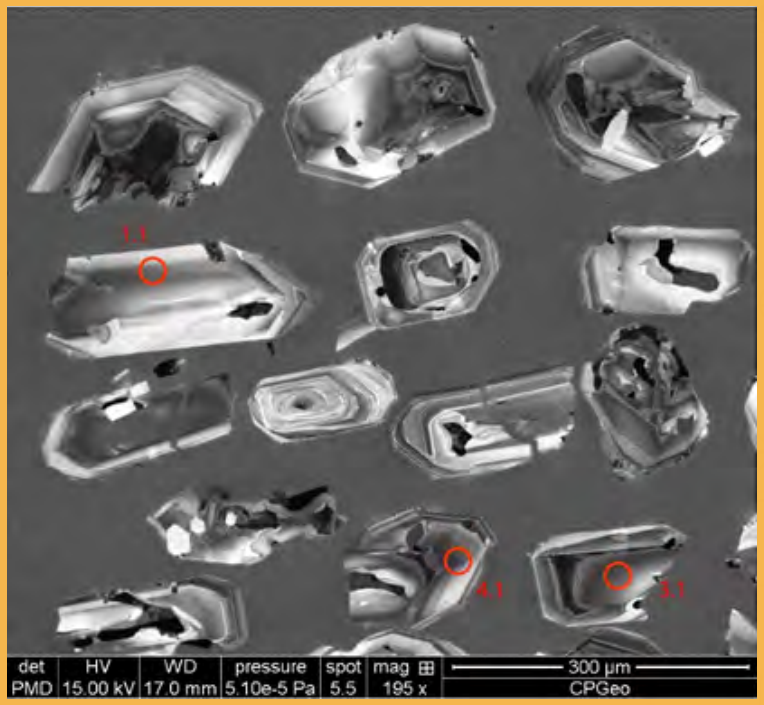


Figura 8. Ejemplo de imágenes de catodoluminiscencia de zircones de rocas ígneas del departamento de Cusco.

La figura anterior muestra las características de zircones, de entre los 13 zircones visibles en la imagen, solo 3 serán analizados; la posición del análisis se muestra en círculos rojos. El análisis U-Pb, se realiza ahora hasta por tres técnicas diferentes, pero la más empleada actualmente es la que emplea equipos láser. Luego de someter los cristales elegidos al láser, continua la parte más "difícil" del trabajo de datación, aquí hay que hacer cálculos matemáticos complejos y finalmente, con la ayuda de gráficos como los de la figura 9, se dibujan los análisis y se calcula la edad promedio de la roca. Con estos gráficos culmina el trabajo de datación.

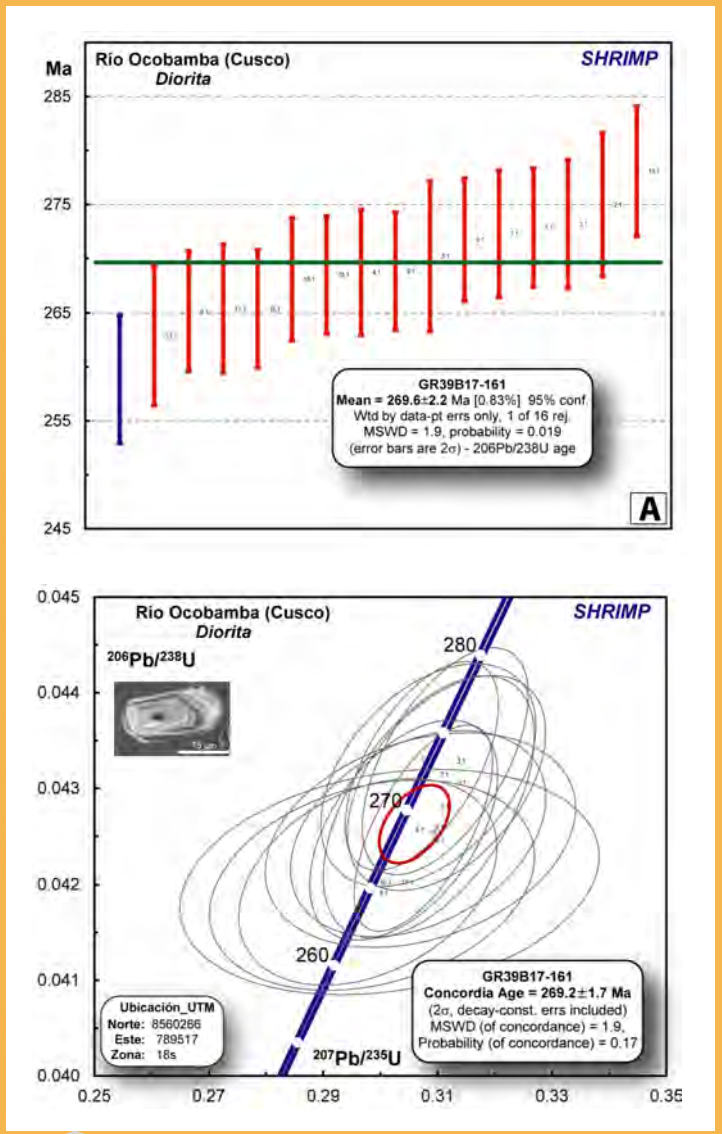


Figura 9. Gráficos empleados para el cálculo de la edad de una roca. Este ejemplo corresponde a una diorita muestreada dentro de la hoja de Urubamba (27r).

Para consultar información visita el GEOCATMIN:
https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/

Para consultar la base de datos de la Dirección de Geología Regional visita:
https://www.gob.pe/institucion/ingemmet/colecciones/1834-geologia-regional-base-de-datos

Para más información visita nuestro repositorio institucional:
http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/84fa3c20-3885-4c6c-8ba5-1473eff830dd

URI - DGR - Versión 01 -15/03/2021

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN
Av. Canadá 1470, San Borja
Telf.: 051-1-618-9800 Fax: 225-4540
comunicacion@ingemmet.gob.pe

Síguenos en:
www.gob.pe/ingemmet