



III Congreso Internacional de Comunicación Pública de la Ciencia  
11, 12 y 13 de Septiembre de 2013  
Facultad de Ciencia Política y Relaciones Internacionales  
Universidad Nacional de Rosario  
Rosario, Santa Fe, Argentina.

Web: [www.copuci.net](http://www.copuci.net)

Facebook: [facebook.com/COPUCI2013](https://www.facebook.com/COPUCI2013)

Twitter: @copuci2013 - #copuci2013

III Congreso de Comunicación Pública de la Ciencia: COPUCI 2013 / Compilado por Elena Gasparri y Cristian Azziani. - 1a ed. - Rosario: UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2014.

E-Book.

ISBN 978-987-702-070-0

1. Comunicación Social. 2. Actas de Congresos. I. Gasparri, Elena, II. Azziani, Cristian.

CDD 302.23

Fecha de catalogación: 08/07/2014

Compiladores

**Elena Gasparri  
Cristian Azziani**

Comité Editorial

**M. Soledad Casasola  
Silvana Di Stefano  
Vanesa Bomben  
Sofía Espejo  
Enzo Conforti  
Matías Corral Ballesteros  
Stefanía Sahakian  
Muriel Sanchez**

Diseño Editorial

**Dirección de Comunicación de la Ciencia - UNR**

# UNA APLICACIÓN DE LA RADIATIVIDAD NATURAL: ¿QUÉ EDAD TIENE ESTE FÓSIL?

Florencia Mari  
Roberto A. Huarte  
Jorge E. Carbonari

Laboratorio de Tritio y Radiocarbono (LATYR)-CIG-CONICET

latyr@fcnym.unlp.edu.ar

## Resumen

La creación de calendarios por sociedades del pasado y del presente, nos ilustra acerca de la necesidad del ser humano de cuantificar, de calcular el paso del tiempo y de referir acontecimientos estableciendo cuando sucedieron.

Existen también otros métodos científicos para determinar edades en años. En esta contribución nos referiremos al método denominado Carbono-14 que nos permite conocer la edad de materiales naturales- que contengan el elemento carbono en su constitución- como huesos, carbones, valvas de moluscos, maderas, suelos, etc. Ésta es una herramienta de suma importancia y muy utilizada en disciplinas que necesitan fijar la variable cronológica en sus estudios, que a menudo se mencionan como "históricas" en sentido amplio, entre las cuales están la Arqueología y la Antropología, la Geología, la Paleontología, la Paleoecología, la Historia (en sentido estricto), etc. Éste método de datación puede ser aplicado a restos desde la actualidad hasta 40.000 años atrás.

¿Cómo funciona éste reloj? El elemento químico Carbono se presenta en la naturaleza con tres estructuras diferentes, dos son estables y una inestable. Esta última emite radiación a través del tiempo; por ello al Carbono 14 se lo conoce también como Radiocarbono ó Carbono Radiactivo. Cuando un organismo muere, cesa en la cadena alimenticia y se interrumpe la incorporación de carbonos del ambiente. Desde ese momento comienza a disminuir la cantidad de Carbono 14 de esos restos y midiendo la cantidad residual, se calcula el tiempo transcurrido desde su muerte.

En nuestra experiencia, al transmitir ésta información tanto al público en general como a la comunidad educativa en particular, percibimos un enorme interés en su conocimiento y la curiosidad por provenir de un tema tabú como es la Radiactividad.

Esa experiencia de transmisión la realizamos periódicamente como "Laboratorio de Puertas Abiertas", "Visitas al Laboratorio" para la comunidad en general y para escuelas en todos sus niveles; junto con notas periodísticas en diarios y radios locales que nos convocan. En forma indirecta, la hacemos a través del asesoramiento a grupos que se encargan de transmitir dicha información al público, como la Capacitación de Guías del Museo de La Plata, UNLP, entre otras. Transmitimos también información específica y actualizada a investigadores de las disciplinas antes mencionadas, que utilizan dataciones radiocarbónicas en sus estudios y que requieren diferentes asesoramientos.

## **Abstract**

The creation of the calendars by past and present societies, illustrates about the human need to quantify, to calculate the passage of time and locate events when they happened.

There are also other scientific methods for determining the age in years. In this contribution we refer to the method called Carbon-14 that lets us know the age of natural materials -containing the element carbon in its constitution- as bones, charcoal, mollusk shells, wood, soils, etc.. This is a very important tool and widely used in disciplines that need to set chronological variable in their studies, that they are often referred as "historic" (*sensu lato*), among which are the Archaeology and Anthropology, Geology, Palaeontology, History (*sensu stricto*), etc. This dating method can be applied from the present to 40,000 years ago.

As works this watch ?. In nature the chemical element Carbon presents three different structures, two are stable and one unstable. The latter emits radiation over time; hence Carbon 14 is known as radiocarbon or radiative carbon. When an organism dies, it stops the food chain and the carbon incorporation is interrupted. From that moment begins to decrease the amount of Carbon 14 of such material and measuring the residual activity we can calculate the time since its death.

In our experience to transmit this information to the public and/or the educational community in particular, we perceive a strong interest in their knowledge and the curiosity to have their origin from a taboo subject as radioactivity.

That transmission of the experience, regularly conducted as "Open laboratory", "Laboratory visits", to the wider community and for schools at all levels; in addition to the stories in newspapers and local radio stations who request. Indirectly, we do through counseling to groups that are responsible for transmitting such information to the public, and the "Guide Training Museo de La Plata", among others.

## Introducción

Esta contribución refiere a tiempo, a devenir, a acontecimientos sucedidos. En los siglos XVII, XVIII y XIX el concepto de tiempo se encontraba en una oposición entre racionalistas e idealistas (por ejemplo: Newton y Kant, respectivamente, eran la expresión de esas dos corrientes con las concepciones de tiempo absoluto y de tiempo relativo). En la actualidad diferentes conceptualizaciones acerca del tiempo provienen de campos desarrollados de la Astronomía y de la Física, con la mecánica clásica y en oposición la mecánica relativista.

¿Cómo percibimos el tiempo en nuestra vida cotidiana? Los seres humanos percibimos el tiempo por los cambios que se suceden en el mundo que nos rodea, tanto en los seres vivos como en los objetos materiales. Observando el medio ambiente que nos rodea percibimos cambios astronómicos, físicos, biológicos, como el desarrollo de un eclipse de sol o de luna, la salida y puesta del sol, la sucesión de las estaciones, los ciclos de crecimiento de los vegetales, la oscilación de un péndulo; la alteración de objetos, construcciones y rocas por la acción atmosférica; el nacimiento, crecimiento y muerte de los seres vivos, etc. A partir de la percepción de la sucesión de fenómenos como los mencionados, diferentes sociedades en el pasado han creado maneras de medir el tiempo, surgiendo tecnologías específicas para ello: como son los cuadrantes solares, las clepsidras y los relojes. También fueron creados calendarios, unos basados en observaciones astronómicas otros basados en la sucesión de dinastías que ostentaban el poder en algunas sociedades del pasado.

Los estudios Cronológicos necesarios en diferentes disciplinas como la Historia, la Geología, la Paleontología, la Astronomía, la Arqueología, etc., permiten datar los momentos en los que ocurren o han ocurrido acontecimientos. Nuestra cultura occidental considera al tiempo en forma lineal. Si trazamos una línea para representar el fluir del tiempo, es común representar con puntos a los sucesos importantes y con segmentos dentro de esa línea a los procesos.

Los primeros métodos para establecer cronologías de acontecimientos sucedidos en el pasado de nuestro planeta Tierra con la larga evolución de eventos florísticos y faunísticos acaecidos y la aparición y desarrollo de homínidos hasta llegar al hombre actual, tenían su base de sustentación en el ordenamiento de los hallazgos de acuerdo al orden en que eran extraídos de la sucesión de depósitos acumulados a través del tiempo en

la superficie terrestre (estratigrafía)<sup>150</sup>. Con ello se pudo establecer el orden de aparición de diferentes organismos, de sucesos ambientales y de aparición y desarrollo de sociedades a partir de objetos materiales recuperados. Si la secuencia de aparición de sucesos es, de más antiguo a más reciente, 1, 2, 3, 4, etc. nos da la posibilidad de considerar que el suceso 2 -por ejemplo- es posterior al suceso 1 y anterior al suceso 3. Esto es lo que se conoce como cronología relativa.

En desarrollos científicos posteriores, se han logrado establecer cronologías en años, denominadas cronologías absolutas.

Diferentes métodos han permitido establecer cronologías en años que tienen una gran aplicación en diferentes campos de las Ciencias Naturales (Geología, Paleontología, Paleoclimatología, Pedología, etc), de la Arqueología y de la Paleoantropología.

- **Biológicos:** se basan en el estudio del crecimiento regular a través del tiempo de los anillos de algunas especies de árboles y de las estrías de los corales.
- **Sedimentológicos:** se basan en el análisis de depósitos sedimentarios que presentan regularidad a través del tiempo, como las ritmitas o varves depositados en el fondo de lagos glaciares. Un sedimento delgado y de partículas finas en invierno y uno de partículas más gruesas en el verano. Un par de estas capas equivale a un año.
- **Radimétricos:** se basan en el período de semidesintegración de algunos elementos radiactivos. Durante un determinado período transforman espontáneamente la mitad de su masa en un elemento no radiactivo diferente. De esta manera, conociendo el período de semidesintegración de un elemento radiactivo contenido en una muestra extraída para datación y la cantidad residual del elemento radiactivo remanente, se puede precisar la antigüedad del material en años.

Los métodos que integran el primer y el segundo grupo mencionados -biológicos y sedimentológicos- han sido y son de gran exactitud en la determinación de años calendarios de algunos acontecimientos: tanto de fluctuaciones solares, medio ambientales y en menor medida de aplicaciones en arqueología. Estos métodos - biológicos y sedimentológicos- tienen la característica de que su aplicación con fines de establecer cronologías se limitan a aspectos locales o regionales.

---

<sup>150</sup> Estratigrafía es la parte de la Geología que estudia la secuencia de los depósitos en la superficie terrestre.

Los métodos radimétricos es decir, los métodos que emplean la radiactividad natural de isótopos radiactivos de ciertos elementos químicos para determinar antigüedad presentan grandes ventajas respecto de los antes mencionados, entre ellas: han extendido el ámbito de medición y de determinación de edades no solo a los comienzos de la historia de nuestro planeta Tierra sino alcanzan también a los orígenes del Universo; permiten una aplicación prácticamente sin límites geográficos; como el fenómeno de la radiactividad es de naturaleza espontánea dentro de núcleos de átomos, no está condicionada con variaciones medioambientales; la metodología de determinación de edades utiliza la misma unidad de medida dentro de cada método considerado (U-Th, U-Pb, K-Ar, Rb-Sr,  $^{14}\text{C}$ , etc). Las limitaciones que presentan se centran en obtener los materiales adecuados para poder realizar esos estudios.

Se denomina Carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ) o radiocarbono al isótopo radiactivo del elemento químico Carbono. Designa también al método de datación radimétrica más utilizado en arqueología, geociencias e investigaciones del medio ambiente, para determinar edades absolutas de los últimos 40.000 años.

Su gran versatilidad permite su aplicación tanto en sustancias orgánicas (carbón vegetal, madera, hueso, textiles, cueros, turba, materia orgánica de suelos/sedimentos, semillas, etc), en sustancias inorgánicas (carbonatos de suelos/sedimentos) y en sustancias inorgánicas producidas por organismos (valvas de moluscos, corales, etc).

Willard Frank Libby (1908-1980), con el descubrimiento de la datación empleando la velocidad de desintegración del  $^{14}\text{C}$  se constituyó en uno de los investigadores más destacados del siglo XX, siendo distinguido con el premio Nobel de Química en 1960.

Para comprender la metodología del  $^{14}\text{C}$  expondremos algunos de los principios básicos y luego analizaremos algunos casos de dataciones obtenidas en el LATYR de particular interés.

### **Estructura elemental del átomo**

La estructura del átomo consiste en un núcleo y orbitales. Entre las partículas nucleares, distinguimos al protón (p) que es la unidad de carga positiva (+1) y al neutrón (n) que no tiene carga eléctrica. Las partículas extranucleares son los electrones (e), tienen carga negativa (-1), de igual intensidad que la de los protones y



se encuentran en orbitales (ver Figura 1). Como el átomo es eléctricamente neutro, posee el mismo número de protones (ejemplo, 6p; carga = +6) en el núcleo (número atómico Z), que de electrones (6e-; carga = -6). El número de protones en el núcleo identifica a un elemento químico. Ejemplo, 1 p (Z=1) es Hidrógeno; 6 p (Z=6) es Carbono; 7 p (Z=7) es Nitrógeno; 8 p (Z=8) es Oxígeno; etc.

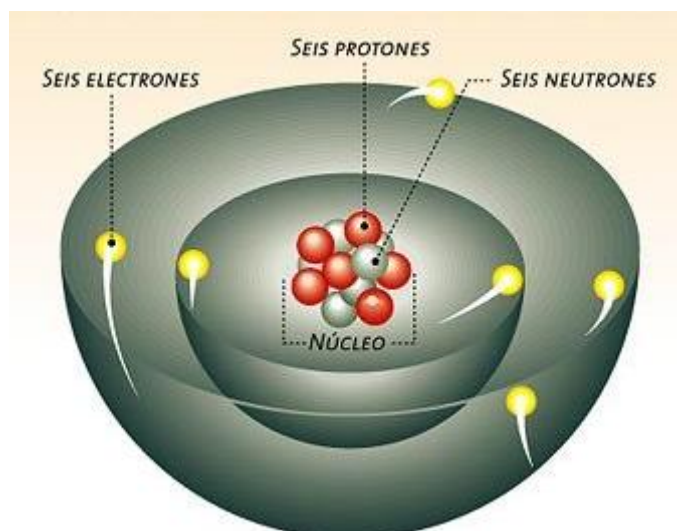


Figura 1- Infografía que representa la estructura del isótopo más abundante del Carbono:  $^{12}\text{C}$

[www.geofrik.wordpress.com](http://www.geofrik.wordpress.com)

## El carbono y sus isótopos

Existen en la naturaleza tres estructuras atómicas diferentes cuyos núcleos tienen 6 protones. Como tienen el mismo número atómico ( $Z=6$ ), corresponden a un mismo elemento químico: el Carbono. En orbitales externos se encuentran 6 electrones en las tres estructuras. Pero una tiene 6 neutrones en su núcleo; otra, 7 y la tercera 8. Tenemos tres estructuras con igual número de protones pero diferente número de neutrones en sus núcleos. Se las conoce como isótopos del Carbono.

Debemos identificar a estos tres isótopos del Carbono. Para ello, sumamos el número de protones y neutrones en el núcleo (número másico A). En la primera estructura tenemos:  $6\text{ p} + 6\text{ n} = 12$ ; en la segunda:  $6\text{ p} + 7\text{ n} = 13$ ; y en la tercera:  $6\text{ p} + 8\text{ n} = 14$ . Los isótopos los identificamos como Carbono-12 ( $^{12}\text{C}$ ); Carbono-13 ( $^{13}\text{C}$ ) y Carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ).

El  $^{12}\text{C}$  y el  $^{13}\text{C}$  son isótopos estables; los núcleos de estos dos isótopos han permanecido constantes desde la formación de la Tierra (4.500 Ma). El número de protones y neutrones en el núcleo del  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$  no se modifica a través del tiempo, independientemente de la reacción química y del compuesto químico que formen (carbonato; dióxido de carbono; hidratos de carbono; proteínas; grasas; etc.).

El  $^{14}\text{C}$  es un isótopo inestable o radiactivo. El número de protones (6 p) y de neutrones (8 n) en el núcleo, se modifican con el tiempo.

### Origen del carbono-14

Entendemos por radiación cósmica a aquellas partículas (principalmente protones de alta energía) que alcanzan la Tierra desde el espacio interestelar, desde más allá del Sistema Solar. A través de colisiones con núcleos de moléculas de gas atmosférico, se produce un amplio espectro de partículas, entre ellas neutrones. En colisión con moléculas de aire, estos neutrones de alta energía, resultan en neutrones de baja energía (neutrones térmicos). Diferentes estudios han llevado a postular una relativa constancia del flujo de rayos cósmicos en el Sistema Solar durante cientos, miles y millones de años.

En las capas más altas de nuestra atmósfera, aproximadamente a los 13.000 metros de altura, se encuentra la máxima densidad de esos neutrones libres.

Se llevaron a cabo en laboratorios estudios acerca de los efectos de los neutrones sobre los elementos químicos más abundantes del aire encontrándose la siguiente reacción nuclear dominante:



Un átomo de Nitrógeno-14 ( $^{14}\text{N}$ ) reacciona con un neutrón térmico para formar un átomo de Carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ) y un protón.

Por consiguiente, se podía esperar que los neutrones originados por la radiación cósmica produjesen el isótopo radiactivo del Carbono en la alta atmósfera terrestre al reaccionar con los núcleos de Nitrógeno del aire. Posteriormente se constató que esto era así.

Los materiales radiactivos generados por interacción de rayos cósmicos con materiales de la Tierra que originalmente no eran radiactivos se denominan cosmogénicos.

### Distribución de carbono-14 en la naturaleza

Una vez formado el isótopo  $^{14}\text{C}$  en la alta atmósfera (1), se oxida rápidamente con el oxígeno del aire para dar una molécula de dióxido de carbono radiactivo ( $^{14}\text{CO}_2$ ):



Dada la relativa constancia de la intensidad de la radiación cósmica, la producción de  $^{14}\text{C}$  ha sido aproximadamente constante por más de 50.000 años. La intensa circulación de las masas de aire uniformizan rápidamente la concentración de  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera, produciéndose la mezcla con los otros isótopos estables ( $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$ ):  $^{14}\text{CO}_2 + ^{13}\text{CO}_2 + ^{12}\text{CO}_2$  (Anderson y Libby 1951).

En el ciclo dinámico del carbono, el dióxido de carbono del reservorio atmósfera intercambia con los otros reservorios del carbono, principalmente la biosfera y los océanos, alcanzando un estado de equilibrio (ver Figura 2).

Como el  $^{14}\text{C}$  es inestable, parte de los átomos que se producen se desintegran emitiendo partículas beta:



Las partículas beta ( $\beta^-$ ) son electrones nucleares (máxima energía 156 keV).

La concentración en equilibrio dinámico significa que la cantidad de átomos de  $^{14}\text{C}$  que se originan es la misma que la cantidad que decaen. En este equilibrio la abundancia relativa de los isótopos del carbono en la atmósfera y sus reservorios es aproximadamente: 98,9 % de  $^{12}\text{C}$ ; 1,1 % de  $^{13}\text{C}$  y 0,000000001 % de  $^{14}\text{C}$ . Ésta relación de abundancia isotópica, significa una actividad de  $^{14}\text{C}$  en unidades absolutas de  $13,56 \pm 0,07$  desintegraciones por minuto y por cada gramo de carbono ( $13,56 \pm 0,07$  dpm / g C), medida en el año 1950.

Libby (1949) postuló que la distribución planetaria de  $^{14}\text{C}$  en la biosfera y los océanos era una distribución uniforme en función del tiempo y el espacio.

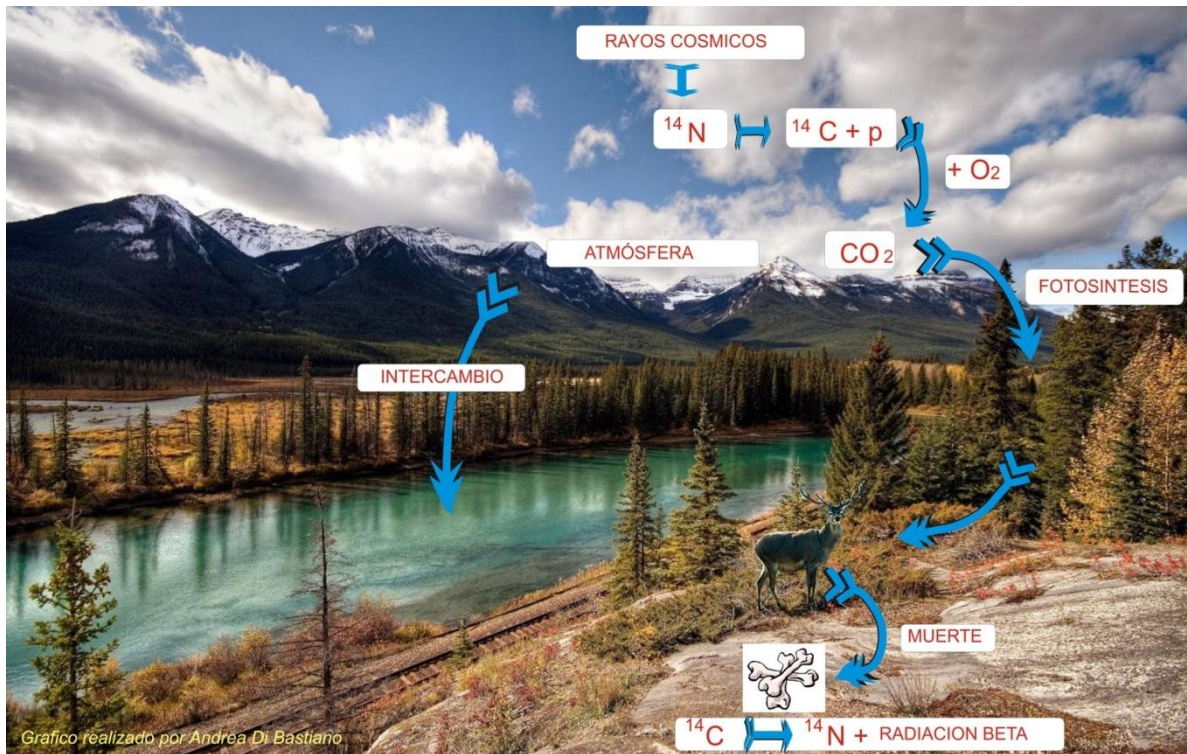
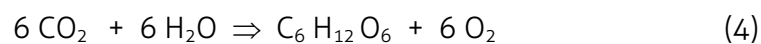


Figura. 2- Distribución del  $^{14}\text{C}$  en la naturaleza.

A través de la fotosíntesis, las plantas absorben dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico, para producir glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) que luego transformarán en hidratos de carbono (celulosa, polímero de la glucosa) según la reacción:



Los átomos de Carbono de los hidratos de carbono de las plantas provienen del  $\text{CO}_2$  atmosférico, por lo tanto tendrán una concentración de  $^{14}\text{C}$  igual a la concentración en la atmósfera.

Los animales herbívoros incorporan Carbono en sus tejidos a través de la alimentación con vegetales. Todos los animales en la cadena alimenticia, incluyendo los carnívoros, toman sus carbonos directa o indirectamente de las plantas. El efecto neto es que los compuestos orgánicos (hidratos de carbono; proteínas y grasas) formados en el proceso metabólico en todos estos organismos vivientes –en teoría– tienen la misma concentración de  $^{14}\text{C}$  de las plantas o del  $\text{CO}_2$  atmosférico (ver Figura 2).

## Desintegración radiactiva

El  $^{14}\text{C}$  sufre un proceso que se denomina desintegración radiactiva (3), donde se modifica la proporción de protones y neutrones del núcleo, dando lugar a la formación de un núcleo estable, de otro elemento químico: el Nitrógeno-14 ( $^{14}\text{N}$ ), y emitiendo una partícula beta desde el núcleo. Por lo tanto, se establece una relación cuantitativa: por cada átomo de  $^{14}\text{C}$  que se desintegra se emite una partícula beta (ver Figura 2). La detección de la emisión de ésta partícula es usada para determinar la concentración de radiocarbono en una muestra.

El proceso de desintegración radiactiva es espontáneo, pero no todos los núcleos de  $^{14}\text{C}$  desintegran a un mismo tiempo, sino que lo hacen a través de un tiempo  $t$  siguiendo una probabilidad.

En la Figura 3 se muestra la pérdida de actividad ( $A_0$ ) en función del tiempo transcurrido, medido en unidades de períodos de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ).

Libby en 1955 efectuó tres determinaciones del período de semidesintegración del  $^{14}\text{C}$  y calculó la media en  $5568 \pm 30$  años, valor conocido como "Libby half-life". Posteriormente se efectuaron tres nuevas determinaciones, siendo su media de  $5730 \pm 40$  años (Godwin 1962) que es el mejor valor disponible.

El período de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ) se define, para todo radionucleído, como el intervalo de tiempo necesario para que el número de átomos iniciales se reduzca a la mitad. Explicaremos este concepto con una analogía.

Si suponemos una caja con 1.000 átomos del isótopo  $^{14}\text{C}$  ( $A_0$  = actividad inicial: organismo viviente en equilibrio con la atmósfera) cuando pasan 5568 años –desde su muerte– ( $1T_{1/2}$ ) se desintegran 500 átomos de  $^{14}\text{C}$  ( $A_0/2$ ) quedando en la caja otros 500 átomos de  $^{14}\text{C}$ . Si pasan 5568 años más, se desintegrarán 250 átomos de  $^{14}\text{C}$  ( $A_0/4$ ), quedando en la caja 250 átomos de  $^{14}\text{C}$ ; y así sucesivamente. Cuando pasan 37.000 años –desde su muerte– solo quedará el 1% de los átomos iniciales de  $^{14}\text{C}$ . Es decir que, en la caja solo quedarán 10 átomos de  $^{14}\text{C}$  (1% de los átomos iniciales). Por ello, el límite de detección mínima de la actividad  $^{14}\text{C}$  equivale a aproximadamente 40.000 años.

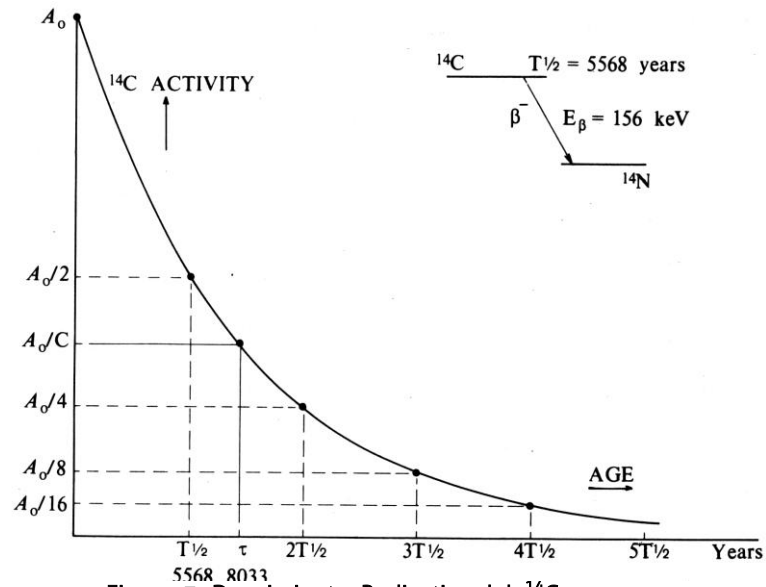


Figura. 3- Decaimiento Radiactivo del  $^{14}\text{C}$

### Determinación de la edad radiocarbónica

Uno de los postulados iniciales consideraba que la concentración de  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera había sido constante por lo menos en los últimos 100.000 años (constancia en la intensidad de los rayos cósmicos). Todos los organismos en distintas épocas, por ejemplo hace 40.000 años o hace 10.000 años o hace 500 años, etc., cuando vivían, tenían la misma concentración en  $^{14}\text{C}$ .

Cuando un organismo, animal o vegetal, muere, cesa la función metabólica y por lo tanto cesa la incorporación de átomos de carbono. Como el  $^{14}\text{C}$  es inestable, su concentración inicial ( $C_i$ ) comenzará a disminuir en función del tiempo transcurrido, de manera que midiendo la concentración residual de  $^{14}\text{C}$  ( $C_f$ ) existente en un resto fósil podremos calcular la "edad de muerte" de ese organismo empleando la siguiente ecuación:

$$t = ( T_{1/2} / \ln 2 ) \cdot \ln ( C_i / C_f ) \quad (5)$$

En esta ecuación  $t$  es la edad en años  $^{14}\text{C}$  antes del presente (AP),  $C_i$ , la actividad neta de  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera al momento de la muerte,  $C_f$  es la actividad neta de  $^{14}\text{C}$  en la muestra fósil, y  $\ln$  es la función matemática logaritmo natural.

El cálculo de la edad radiocarbónica se expresa en "años AP" que significa años antes del presente, tomando como "presente" el año 1950 (año 0), y se cuenta hacia el pasado, por ejemplo, 1000 años AP.

### **Bases del método de $^{14}\text{C}$ .**

En los inicios de la aplicación de éste sistema de datación (década del 50), se sostenían supuestos básicos que posibilitaron su desarrollo. Veremos más adelante, que se ha llegado a la actualidad, con importantes correcciones.

1. El  $^{14}\text{C}$  se genera constantemente en la atmósfera por efecto de la radiación cósmica, que siempre ha sido constante. El  $^{12}\text{CO}_2$ ,  $^{13}\text{CO}_2$  y el  $^{14}\text{CO}_2$  se incorpora en los océanos y lo asimilan las plantas. Debido a la continua producción, al decaimiento radiactivo y al proceso de mezcla se alcanza un estado de equilibrio, como resultado del mismo el contenido radiocarbónico de los reservorios es constante y conocido.
2. Los organismos vivientes, durante su ciclo vital y los carbonatos en su cristalización, están en equilibrio de intercambio entre el  $^{14}\text{C}$  que ellos contienen y el del reservorio en donde se encuentran. Después de la muerte del organismo o del cese de la depositación del carbonato, el intercambio isotópico cesa y la concentración radiocarbónica solamente disminuirá por decaimiento radiactivo.
3. El decaimiento radiactivo es inmutable, siendo independiente de la naturaleza del compuesto químico en el que reside el  $^{14}\text{C}$  y de las características físicas y químicas de su medio ambiente.

### **Calibración de las edades radiocarbónicas**

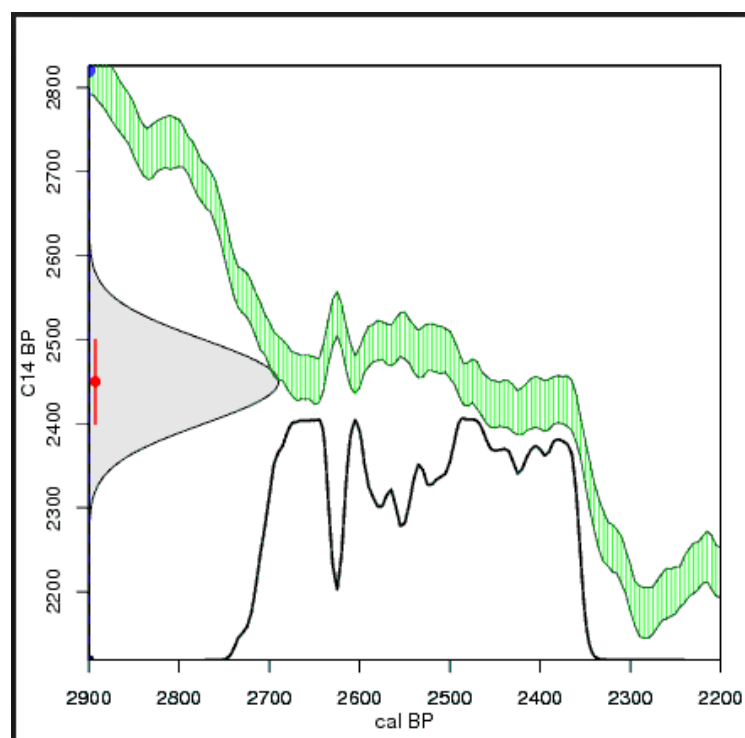
Como hicimos referencia en el párrafo precedente, un supuesto básico del método de datación  $^{14}\text{C}$  (Libby et al. 1949) es que la concentración radiocarbónica en la atmósfera es constante a través del tiempo. Esto es respetado cuando los laboratorios calculan e informan la edad  $^{14}\text{C}$  convencional (Stuiver and Polach 1977).

Éste supuesto básico no es completamente cierto. Existen "variaciones seculares" en el contenido de  $^{14}\text{C}$  del dióxido de carbono atmosférico (de Vries 1958; Willis et al. 1960; Suess 1965, 1970; Damon 1968; Damon et al. 1978; Stuiver and Kra 1986;

Stuiver and Becker 1986; Pearson et al. 1986; entre otros autores) que son debidas principalmente a: (1) la radiación cósmica no ha sido constante en el tiempo por variaciones en la actividad solar y en el campo magnético terrestre y ello ha ocasionado alteraciones en la producción natural de  $^{14}\text{C}$  atmosférico; y (2) durante la última fluctuación climática Glacial – Postglacial sucedieron variaciones en el intercambio entre el dióxido de carbono atmosférico con otro de los reservorios del carbono (océanos), provocando modificaciones en la concentración de  $^{14}\text{C}$  de ambos reservorios.

Por las razones antes expuestas no existe una relación lineal entre la edad radiocarbónica y la edad calendaria. Esas variaciones quedaron registradas en los anillos de árboles. La datación dendrocronológica de anillos de crecimiento de árboles (de edad calendárica conocida) contrastadas con curvas de edades radiocarbónicas, mostraba mayores o menores aproximaciones, conocidas como “variaciones seculares”. Estos estudios permitieron convertir las edades radiocarbónicas convencionales en edades calibradas, que significan edades calendarias (ver figura 4).

Además existe el “efecto de Vries”, causado por la explosión de la bomba atómica que inyectó grandes cantidades de  $^{14}\text{C}$  a la atmósfera y el “efecto Suess”, que hace referencia a la disminución  $^{14}\text{C}$  de la atmósfera por dilución al incorporarse dióxido de carbono fósil proveniente de los combustibles utilizados a partir de la era industrial.





#### Figura. 4- Curva de calibración de edades $^{14}\text{C}$ terrestre IntCal04.

Ejemplo de edad  $^{14}\text{C}$  de  $2450 \pm 50$  años AP ([www.chrono.qub.ac-uk](http://www.chrono.qub.ac-uk))

#### Nuestro Laboratorio. Casos

El LATYR, laboratorio de  $^{14}\text{C}$  es uno de los laboratorios del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG) perteneciente al CONICET, existente en el Museo de la Plata, se encuentra en funcionamiento continuo desde la década del '70. Al hallarse ubicado físicamente en una institución perteneciente también a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata, su orientación principal es de efectuar dataciones radiocarbónicas sobre materiales naturales muy variados como: carbones vegetales, maderas, gramíneas, semillas, valvas de moluscos, materia orgánica proveniente de sedimentos/suelos/paleosuelos, proteína de huesos, fibras provenientes de vegetales ó animales, carbonatos de calcio de sedimentos/suelos/paleosuelos, etc.

Las dataciones radiocarbónicas se realizan como servicio a la comunidad científica de éste país y de países limítrofes. También se efectúan dentro de proyectos de investigación multidisciplinarios con arqueólogos, geólogos y paleontólogos en los que participan activamente el personal profesional del LATYR.

Las personas que se acercan de visita al laboratorio, siempre manifiestan interés por conocer ejemplos de aplicaciones que hayan despertado curiosidad a la comunidad en general, entonces vamos a citar aquí algunos casos:

CASO 1: momia egipcia. Entre las colecciones provenientes del Egipto faraónico existentes en el Museo de la Plata, se dataron pequeños fragmentos de un tejido de lino finamente elaborado, en excelentes condiciones de preservación que formaba parte del sudario de una de las momias, que de acuerdo a las inscripciones jeroglíficas de su ataúd, su nombre era Tadimentet. Se obtuvo una edad de 2270 años AP.

CASO 2: ballena cerca de la ciudad de La Plata. Pequeños fragmentos de hueso provenientes de un cetáceo fósil (ballena) exhumados en terrenos cercanos a la ciudad de La Plata (localidad llamada Villa Catela) en donde actualmente hay un barrio muy poblado, dio una edad de 4800 años AP, indicando que en esos tiempos existía

allí una playa de aguas mixohalinas, playa que actualmente se encuentra a 8 o 9 km de distancia en la costa actual del Río de la Plata.

CASO 3: cambios climáticos. En muchas localidades del interior de la provincia de Buenos Aires, integrantes del LATYR efectuaron estudios en cortes naturales del terreno, expuestos en valles de ríos y arroyos, en donde se observaba la presencia de antiguos suelos, separados por diferentes sedimentos. Estas secuencias naturales indican momentos de estabilidad ambiental (desarrollo de suelos) interrumpidos por momentos de depositación ya sea de sedimentos de origen fluvial como de origen eólico o de origen palustre (momentos llamados de morfogénesis). Se conoce con precisión las edades de esos acontecimientos: secuencias de suelos desarrollados hace 10.000 años atrás, 4.000 años atrás, 2.800 años atrás,.... Estos son ejemplos muy claros de grandes cambios medio-ambientales que hemos observado en los últimos 11.000 – 12.000 años en lo que actualmente conocemos como la llanura pampeana de la provincia de Buenos Aires, y que hoy a la vista del observador común, parece ser naturalmente muy estable.

CASO 4: un río y una ruta donde antes hubo costa marina. Para aquellas personas que suelen concurrir de vacaciones a la hermosa ciudad de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires), a la que acceden normalmente por la Ruta Nacional Nº 2, transitan por el puente sobre el río Salado, allí se han datado materiales de origen marino que se encuentran en su base, con edades que rondan entre los 5.000 – 6.000 años atrás , esto nos informa que en esos tiempos la costa marina que hoy se encuentra en la bahía de Samborombón, se hallaba a la altura de la Ruta 2.

CASO 5: Caso curioso: ¡ un instrumento musical ! Hace muchos años atrás se acercó al LATYR una persona portando un fragmento de cordal (de un violín) que de acuerdo a la opinión de expertos podía ser un instrumento fabricado por Stradivarius. La datación carbono 14 de ese fragmento de madera aproximó una edad calendaria en torno a 1700 – 1720 AD, fecha en que un integrante de la familia Stradivari fabricara esos extraordinarios instrumentos.

## **Bibliografía**

Anderson, E. and Libby, W.F. (1951). *World-Wide distribution of natural radiocarbon*, Phys. Rev., 81, p 64-69.

- Damon, P.H. (1968). *Radiocarbon and climate*, Meteorol Mono 8: 151-154.
- Damon, P.H., Lerman, J.C., Long, A. (1978). *Temporal fluctuations of atmospheric C-14: Causal factors and implications*, Ann Rev Earth Planetary Sci. 6: 457-494.
- de Vries, H.L. (1958). *Variations in concentration of radiocarbon with time and locations on earth*, Koninkl Ned Akad Wet Proc. Ser B, 61: 94-102.
- Godwin, H. 1962. *Half life of radiocarbon*, Nature 195: 984.
- Libby, W.F., Anderson, E.C., Arnold, J.R. (1949). *Age Determination by Radiocarbon Content: World-Wide Assay of Natural Radiocarbon*, Science 109 (2827): 227-228
- Pearson, G.W., Pilcher, J.R., Baille, M.G.L., Corbet, D.M., Qua, F. (1986). *High-precision <sup>14</sup>C measurement of Irish Oaks to show the natural C-14 variation from AD 1840-5210 BC*, Radiocarbon 28 (2B): 911-934.
- Stuiver, M., Polach, H.A. (1977). *Discussion: Reporting of <sup>14</sup>C data*, Radiocarbon 19: 355-363.
- Stuiver, M., Becker, B. (1986). *High-precision decadal calibration of the radiocarbon time scale AD 1950-2500 BC*, Radiocarbon 28 (2B): 863-910.
- Stuiver, M., Kra, R.S. eds. (1986). *Calibration Issue*, in Stuiver M. and Kra R.S. eds. Proceedings of the 12th International <sup>14</sup>C Conference. Radiocarbon 28 (2B): 805-1030.
- Suess, H.E. (1965). *Secular variations of cosmic ray produced carbon-14 in the atmosphere and their interpretations*, Journal of Geophysical Research 70: 5937-5952.
- Suess, H.E. (1970). "Bristlecone-pine calibration of the radiocarbon time-scale 5200 BC to the present", in Olsson I.U. ed. Radiocarbon variations and absolute chronology. Nobel Symposium 12th. Proc. New York. John Wiley & Sons: 303-311.