

¿«TERCERA REVOLUCION DEL RADIOCARBONO»? UNA PERSPECTIVA ARQUEOLOGICA DEL C-14

RAMON FABREGAS VALCARCE

«So maybe we should all be praying for time»

G. Michael

INTRODUCCION

El método de datación mediante el análisis del Carbono 14 es todavía en estos momentos el más socorrido para los períodos más recientes de la Prehistoria. En palabras de Waterbolk (1987) «el método tiene la ventaja de depender solamente de las propiedades físicas de la Tierra, siendo igual y directamente aplicable en cualquier parte del planeta, sin las lentas y problemáticas extrapolaciones inherentes a la cronología histórica». La batería de nuevas técnicas basadas igualmente en fenómenos radioactivos, puestas a disposición de la Arqueología durante los últimos 20 años, si bien ha tenido efectos revolucionarios en la resolución de determinados problemas cronológicos del pasado más remoto, no ha conseguido quebrar el predominio absoluto que ostenta el Carbono 14 para la etapa comprendida dentro de los últimos 40.000 años, aún cuando cabe esperar que el creciente refinamiento en métodos como el de la Termoluminiscencia les permitan efectuar significativas aportaciones en el futuro próximo.

La pretensión de nuestro presente trabajo no es tanto tratar en profundidad los aspectos puramente técnicos del método del Carbono 14 y las innovaciones producidas a ese nivel en el curso de los últimos años, sino más bien evaluar las repercusiones que éstas han tenido en nuestro conocimiento del pasado más reciente, al tiempo que se propone la necesidad de un examen más detenido de los límites que este sistema de datación presenta, en el marco de una reflexión más general sobre la necesidad, expresada desde distintos sectores, de un «New Deal» en la siempre conflictiva relación existente dentro de la disciplina prehistórica entre los datos aportados por las Ciencias Naturales y su interpretación en términos histórico-culturales.

El Carbono 14: cuestiones generales

Aunque la producción natural de carbono radioactivo en las altas capas de la atmósfera por la acción de los rayos cósmicos ya había sido señalada entre otros por Serge Korff antes de la 2.ª Guerra Mundial, no será hasta 1950 que F. Libby ponga a punto un sistema de datación basado en la medición del radiocarbono remanente en muestras de origen orgánico. Los principios básicos, tal como los formuló Libby en su momento, preveían que la concentración de Carbono 14 se había mantenido estacionaria durante los últimos miles de años. Los seres vivos a través de su interacción con el medio mantendrían en sus tejidos dicha proporción, pero una vez que se producía la muerte y cesaba por tanto el intercambio

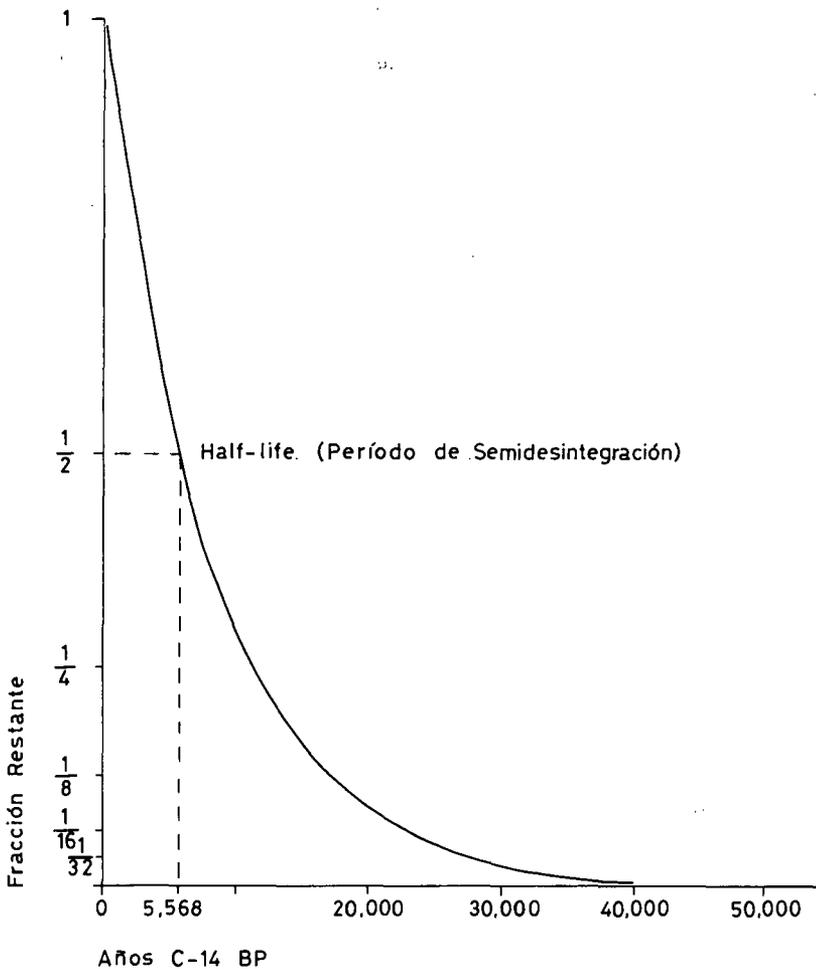


Fig. 1. Proporción C^{14}/C^{12} y edad radiocarbónica (según Gillespie 1984).

con el entorno, el Carbono 14 como todo isótopo radioactivo comenzaba a disminuir, desintegrándose a un ritmo regular, de tal forma que al cabo de 5.568 ± 30 años (*half life*=período de semidesintegración)¹ la cantidad inicialmente existente se habría reducido exactamente a la mitad, y así sucesivamente (Fig. 1).

En el método desarrollado por Libby y perfeccionado en años sucesivos, la estimación del C-14 remanente en una muestra se basa en el recuento de las desintegraciones a lo largo de un tiempo determinado, comparándolo con las correspondientes a un patrón establecido (madera de 1950). Los sistemas de medición convencionales (contadores de gas proporcional y de centelleo líquido) se han visto complementados desde la década de los ochenta por una nueva técnica, espectrometría de aceleración de masas, que se basa no en la medición de la actividad específica del Carbono 14 sino en el recuento de los átomos mismos (Hedges 1983). El uso del acelerador permite datar muestras de menos de 1 mg. y en cuestión de horas, si bien la precisión obtenida no es mayor que con los métodos convencionales más depurados².

El límite práctico de operatividad del radiocarbono se sitúa en torno a los 40.000 años, momento en el que la presencia de este isótopo en la muestra es tan reducida que se hace difícil distinguir su actividad de la del entorno. En estos casos se puede recurrir al enriquecimiento isotópico mediante diversas técnicas (Browman 1981), pero ello requiere bastante tiempo y muestras de gran tamaño, condición ésta difícil de cumplimentar en contextos muy antiguos. La aplicación del acelerador presenta a su vez problemas debido a la estabilidad del instrumental y tanto con este método como con los convencionales, la contaminación se vuelve un factor crítico en muestras tan antiguas y generalmente de reducido tamaño. No obstante, el acelerador ofrece grandes perspectivas en la datación de fenómenos situados cerca de los límites efectivos del Carbono 14, como dan buena muestra las fechas obtenidas en L'Arbreda (Girona) o El Castillo (Santander) para los momentos de transición entre el Musteriense y el Auriñaciense (Bischoff et alii 1989; Cabrera y Bischoff 1989).

La revisión de los principios fundamentales

Apenas sentadas las bases del método de datación radiocarbónica, el mismo Libby (1970) advirtió la existencia de algunas discordancias entre ciertos resultados y la cronología histórica egipcia, empleada entonces para comprobar la validez de los presupuestos básicos del sistema. Las divergencias eran más acentuadas

¹ Ese valor propuesto por Libby ha sido luego revisado, hallándose otro más exacto (5730 ± 40) que sin embargo no se emplea por razones operativas.

² Un ejemplo de los nuevos horizontes que abre el uso del acelerador lo tenemos en la datación directa de pinturas paleolíticas australianas, mediante el análisis de muestras minúsculas (40 millonésimas de gramo, una vez tratadas) de la sangre utilizada como pigmento (Loy et alii 1990). También hay que recordar aquí el controvertido caso de la Sábana Santa de Turín (Hall 1989; Gove 1990). Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que el recurso a muestras tan pequeñas acarrea a menudo problemas de tipo deposicional (v.g. las fechas sobre pepitas de uva, en Rivera y Walker 1991).

en los materiales cuya cronología se suponía con base en los datos históricos anterior al 2000 a. C., que aparecían según el radiocarbono algo rejuvenecidos, si bien Libby apuntaba la posibilidad de que este desacuerdo se debiese a las lagunas existentes en la cronología histórica egipcia que ni siquiera hoy en día está completamente asentada por lo que se refiere al Predinástico y al Imperio Antiguo (Bruins y Mook 1989).

Sin embargo, los trabajos efectuados por De Vries y Suess, entre otros, demostraron a los pocos años de ponerse en marcha el método de datación que uno de sus puntales básicos, el de que no había habido cambios significativos en la concentración de Carbono 14 en la atmósfera durante los últimos miles de años, era incorrecto. Se conoce por efecto Suess a la disminución del Carbono radioactivo atmosférico como consecuencia de la quema de combustibles fósiles, un fenómeno particularmente acentuado desde fines del siglo pasado y que ha de ser tenido en cuenta al utilizar el patrón de medida del carbono actual.

Más compleja y problemática ha resultado ser la constatación, hecha por De Vries a fines de los cincuenta, de que en determinados períodos el contenido en Carbono 14 de la atmósfera era superior al actual, lo que conllevaba que los resultados del análisis radiocarbónico apareciesen sistemáticamente rejuvenecidos, de forma más acentuada con anterioridad al 2000 a. C. Estas alteraciones fueron detectadas mediante las dataciones de gran precisión hechas sobre largas series de anillos de crecimiento de árboles, como la sequoia o el pino arista en Norteamérica o el roble en Centroeuropa e Islas Británicas, de forma que desde fines de los sesenta en adelante se fueron publicando curvas de calibración cada vez más perfeccionadas (Suess, *Masca*, Clark, Klein, Pearson y Stuiver...) que en la actualidad abarcan los últimos 8.000 años (Pearson 1987). Dichos estudios han permitido deducir que las variaciones en la concentración del C-14 siguen una tendencia a largo plazo que da una curva sinusoidal con un período de casi 9.000 años (Mook 1983; Mook y Waterbolck 1985). Desafortunadamente hay también cambios a medio y corto plazo que pueden ser significativos en determinados períodos y que hacen que las curvas de calibración presenten numerosos altibajos (*wiggles*). Las modificaciones a largo plazo se relacionan con variaciones equivalentes del campo magnético terrestre que inciden en el número de rayos cósmicos que son rechazados por éste (a más intensidad del campo menor producción de C-14 en la alta atmósfera), pero también influyen los cambios de temperatura que alteran la solubilidad del CO² en el agua (Browman 1981; Bell 1991). A su vez, los cambios a corto y medio plazo parecen estar más o menos vinculados con los ciclos de actividad del sol (Mook 1981).

Más allá de los límites actuales de la dendrocronología, la dinámica que sigue el Carbono-14 sólo puede deducirse en la actualidad de forma aproximada a través de la aplicación conjunta de métodos de datación como la termoluminiscencia o el arqueomagnetismo, entre otros (Lingenfelter y Ramaty 1970; Barbetti y Flude 1979). Así, Bell (1991) al comparar los datos magnéticos, de termoluminiscencia y radiocarbono del lago Mungo, concluye que hacia el 30.000 bp el método del C-14 suministra fechas unos 4.000 años más recientes de lo que debieran. Un desfase del mismo signo es también apuntado para un momento anterior (circa

40.000 bp) por Bischoff et alii (1989) con base en datos de L'Arbreda y Abric Romaní.

El llamado «principio de simultaneidad», sosteniendo que la concentración de C-14 era igual en dos puntos cualesquiera del planeta para un momento dado, se ha puesto en entredicho al comprobarse que ésta es algo inferior en el hemisferio Sur a causa de la gran extensión de las superficies marinas, con lo que las fechas provenientes de ahí serán ligeramente más antiguas que las del otro hemisferio. Por otra parte, en determinados medios como el mar se acusa un efecto de inercia (*reservoir effect*) respecto al intercambio gaseoso que hace que las aguas profundas sean más «viejas» por su contenido en C-14 disuelto que las capas superficiales donde la interacción con el aire es más regular. Este fenómeno puede ocasionar el envejecimiento de muestras de origen marino (v.g. conchas) en zonas influidas por el ascenso (*upwelling*) de aguas profundas (Stuiver et alii 1986; Cabral 1990).

Además de las modificaciones, a veces leves, efectuadas sobre el «principio de simultaneidad», se ha puesto de relieve que el comportamiento químico de los distintos isótopos del Carbono es diferente, lo que da lugar al denominado «fraccionamiento isotópico», modificaciones en la proporción de estos isótopos en ciertos tipos de muestra. Este es el caso de las plantas en las que durante el proceso de fotosíntesis se fijan proporciones distintas de C-12 y C-13 (con interesantes implicaciones en el plano de las dietas prehistóricas), lo que al igual que en el precipitado de los carbonatos para formar las conchas puede dar lugar a eventuales rejuvenecimientos de las muestras si no se tiene en cuenta este factor (la corrección C-13/C-12 se hace al valor correspondiente a la madera terrestre -25% respecto al standard). Incidentalmente hay que señalar que la corrección del fraccionamiento isotópico para las conchas marinas compensa aproximadamente el efecto *reservoir* en las latitudes medias (Browman 1981; Mook y Waterbolk 1985).

Valoración de las dataciones radiocarbónicas

En contra de una creencia bastante extendida todavía, un resultado radiocarbónico está bastante lejos de constituir una fecha concreta en el calendario. Se trata propiamente de una aproximación estadística en cuya fiabilidad y verosimilitud inciden diversos factores que han de ser tenidos muy en cuenta por el arqueólogo responsable de su adecuada valoración e interpretación. Aquí sería oportuno diferenciar entre los conceptos de precisión (*precision*) y acierto (*accuracy*) de una fecha radiocarbónica (Gillespie 1984). Por precisión se entiende el intervalo dentro del cual se encuentra la fecha real para una probabilidad determinada (habitualmente el 68%). El tamaño del intervalo depende de varios factores: volumen y/o edad de la muestra y tiempo de medición. Por otra parte, el acierto de una datación alude a su mayor o menor proximidad a la fecha real de una muestra analizada y esta adecuación depende a su vez de la homogeneidad del material, presencia o no de contaminación, bondad del instrumental empleado, etc. De esta forma es perfectamente posible obtener fechas muy precisas para un evento determinado que sin embargo son anómalas. Un ejemplo muy claro lo tenemos en las series

de dataciones efectuadas sobre diferentes partes del hombre de Lindow (Gowlett et alii 1989) en Oxford (acelerador) y Harwell (minicontador), que dieron dos grupos de valores muy coherentes internamente, los cuales, una vez analizados conjuntamente, proporcionaron fechas muy precisas (1940 ± 25 bp. y 1575 ± 30 bp., respectivamente). Resulta evidente que, dada la magnitud de la diferencia entre esos dos resultados, necesariamente uno de ellos ha de ser erróneo.

Dada la naturaleza aleatoria de las desintegraciones del C-14 o —en su caso— de la concentración de átomos en una parte concreta de la muestra, las mediciones proporcionan una serie de valores ligeramente distintos que tienden a concentrarse en torno a un resultado más probable, la discrepancia con ese valor central (media) es expresada a través de la desviación típica (σ)³. Es importante tener en cuenta que la posibilidad de que la «fecha verdadera» se encuentre dentro del intervalo marcado por 1σ es del 68% o, en otras palabras, una de cada tres veces la fecha real quedaría fuera de ese intervalo (sobre esta circunstancia ya llamaba la atención Zeuner en 1956). Por ello se hace necesario, especialmente cuando se efectúan comparaciones, usar el intervalo definido por 2σ que aunque es mucho mayor, aumenta el porcentaje de probabilidad al 95%.

Por otra parte, el margen de incertidumbre de la datación puede incrementarse una vez que ésta es calibrada, ya que a la desviación de la fecha convencional se sumará la de la curva, que en determinados tramos presenta además irregularidades notables. Esta circunstancia es particularmente grave cuando se trata de establecer con cierta exactitud la duración de un fenómeno en términos reales o trazar una secuencia para un yacimiento o cultura determinados (Fig. 2). Esto es tanto más preocupante cuanto más nos acercamos a etapas históricas o protohistóricas y una cierta precisión cronológica se hace imprescindible. Así en un trabajo de recopilación de fechas radiocarbónicas para castros del Noroeste peninsular (Carballo y Fábregas 1991) se ha podido constatar que dos resultados con una idéntica precisión (485 ± 30 a. C. y 630 ± 30 a. C.) arrojaban, una vez calibrados, unos intervalos de calibración de 360 y 41 años, respectivamente. La explicación de tamaña disparidad estriba en que la primera fecha coincide de lleno con un tramo de la curva de calibración (Stuiver y Pearson 1986) que presenta un sesgo marcadamente horizontal, en tanto que la segunda intersecta una sección de dicha curva con una disposición muy vertical.

Un aspecto que incide en la exactitud del resultado es el puramente técnico (limpieza y manejo de la muestra, precisión del instrumental, experiencia del personal encargado), que puede hallarse detrás de errores sobre los que diversos autores han llamado la atención en los últimos años (Scott et alii 1983 y 1990; Mook y Waterbolk 1985; Tite 1991)⁴, así como respecto al optimismo injustificado del que hacen gala algunos laboratorios en lo que a la precisión de sus mediciones

³ La relevancia que tiene la desviación típica puede verse en el siguiente ejemplo: en dos poblaciones formadas por los siguientes valores (6, 6, 4, 4) y (1, 1, 9, 9) respectivamente, la media resultaría 5 en ambos casos, pero la desviación sería la de ± 1 en el primer ejemplo, y de ± 4 en el segundo.

⁴ Aquí habría que citar el caso de las dataciones sistemáticamente anómalas suministradas por un laboratorio japonés para diferentes contextos de la prehistoria reciente del Noroeste peninsular (Fábregas 1988; Carballo y Fábregas 1991).

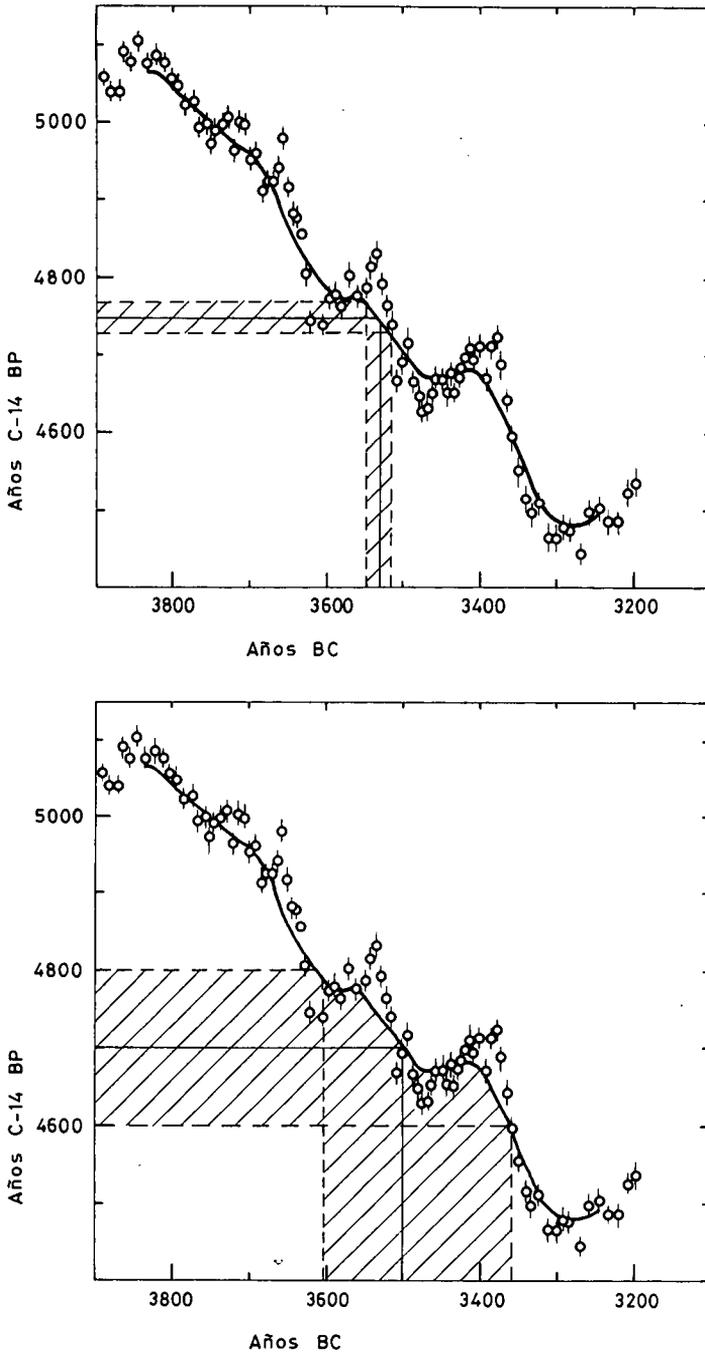


Fig. 2. Calibración de dos fechas radiocarbónicas convencionales: 4750 ± 20 BP —arriba— y 4700 ± 100 BP —abajo— (según Mook y Waterbolk 1985).

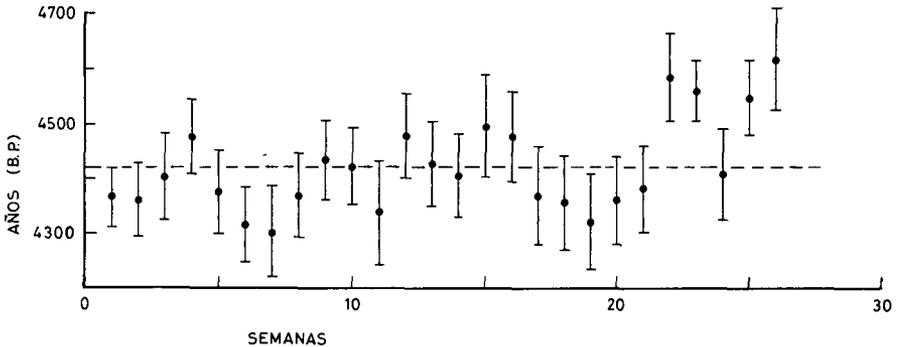


Fig.3. Experimento de replicación de resultados efectuado sobre una misma muestra por el laboratorio del Museo Británico (según Barker 1970).

se refiere (Whittle 1990). Aquí podríamos traer a colación un experimento de replicación efectuado en un laboratorio prestigioso (British Museum) sobre una misma muestra, repetidamente datada a lo largo de medio año (Fig. 3), calculándose luego el valor medio (4425 ± 100 bp) (Browman 1981). Aunque el ensayo puede considerarse positivo en su conjunto (todos los resultados cayeron dentro del intervalo definido por 1σ), el hecho de que los valores extremos fueran 4.600 y 4.300 da bastante que pensar respecto a exactitud y enfatiza, si todavía fuese menester, la importancia de disponer de varias fechas, so pena de hacer interpretaciones sesgadas con base en una o dos dataciones tan sólo. Este problema aparece asimismo muy claro en el ya mencionado caso del hombre de Lindow.

Si dejamos aparte los diversos agentes que pueden producir una contaminación de la muestra objeto de análisis, compete al arqueólogo la selección de las muestras que sean más adecuadas para resolver un determinado problema arqueológico, valorando entre otras cosas la asociación estratigráfica, que puede ser más o menos clara. Pero incluso si la asociación entre muestras y evento a datar está fuera de duda, puede darse el caso de que el resultado no sea el esperado, aún cuando no haya habido contaminación y aquí entra en consideración *la forma en que un material (madera, hueso, etc.) llega a integrarse en el registro arqueológico*. El ejemplo más socorrido de este tipo de discordancias lo tenemos en la madera vieja empleada tras bastante tiempo como material de construcción o combustible, o incluso sin necesidad de que se dé un proceso de reutilización o utilización demorada, la madera de árboles longevos quemada puede dar una amplia latitud cronológica al ser analizada. Un detalle en apariencia nimio, como la diferencia constatada en el grosor de los postes utilizados en las construcciones domésticas entre el Neolítico y la Edad del Bronce en Holanda, adquiere una decisiva influencia sobre la dispersión de las fechas radiocarbónicas obtenidas a partir de los restos correspondientes a uno y otro período (Mook y Waterbolk 1985).

Los análisis efectuados sobre materiales procedentes de turberas presentan también problemas debido a los mismos procesos de formación de éstas (fenóme-

nos de compactación y/o traslación vertical de sus constituyentes) y a la consecuente dificultad de establecer una adecuada correlación entre las dataciones efectuadas sobre esa clase de depósitos y los restos de actividades humanas. Así, la fecha radiocarbónica obtenida a partir de fragmentos del mango de un hacha-martillo recuperada en una turbera de Cleethorpes (NE. de Inglaterra), resultó ser unos 700 años más reciente que la datación efectuada sobre un árbol procedente del mismo punto (Leahy 1986). Algo semejante sucede en el repetidamente mencionado caso del hombre de Lindow, ya que los análisis llevados a cabo sobre los componentes orgánicos del nivel de la turbera donde fue hallado el cuerpo dieron resultados varios siglos más antiguos que los de cualquiera de las series de dataciones efectuadas sobre muestras del mismo cadáver (Gowlett et alii 1989).

BALANCE GENERAL

El carbono 14: una perspectiva histórica

Una vez expuestos los múltiples hándicaps y limitaciones que presenta el método más habitualmente usado para el establecimiento de cronologías absolutas en Prehistoria, cabría cuestionarse y algunos posiblemente lo harían de buen grado la utilidad real del C-14 en dicha disciplina. Por nuestra parte, creemos que cuanto más conozcamos sus irregularidades, más seguramente podremos utilizar la información que nos proporciona, apreciando ésta de una forma dialéctica y no simplemente mecanicista.

Desde su misma implantación, el método radiocarbónico ha estado rodeado por la controversia y así, empleando la expresión de Renfrew (1987), *la primera revolución del radiocarbono* se produjo con la publicación de los primeros resultados, cuando se observó que fenómenos como la neolitización europea eran más antiguos de lo que se pensaba, lo que condujo a Milojevic —éste con germánica tenacidad— o a Piggot a cuestionar la validez del método, desconfianza que también se observa en autores como Almagro y Arribas (1963) al comentar la primera fecha disponible para el yacimiento de Los Millares. Sin embargo, otros autores como Mellaart ya en 1960 aceptaban estos resultados y modificaban sus posiciones a tenor de ellos.

La aplicación de la dendrocronología a la verificación de las fechas radiocarbónicas trajo como consecuencia el descubrimiento de que las fechas anteriores al 1000 a. C. estaban sistemáticamente rejuvenecidas, lo que llevó a nuevos estudios y correlaciones que desembocaron en la curva de calibración de Suess (1967) que pronto fue seguida por otras hasta llegar a la hoy recomendada internacionalmente en su tramo 2500 BC—1950 AD (Pearson 1987). La calibración acentuó todavía más la crisis del cuadro arqueológico tradicional y provocó *la segunda revolución del radiocarbono*. En el caso concreto de Europa se pudo apreciar desde el Neolítico reciente una nítida división entre la dinámica cultural seguida al Oeste de una teórica «falla cronológica» que atraviesa los Balcanes y las culturas del Mediterráneo oriental. Estas últimas no ven afectada su cronología, basaba

fundamentalmente en datos históricos, y de hecho la calibración permite conciliar mejor las informaciones suministradas por las fuentes y por el Carbono 14. Sin embargo, al Oeste de esa «falla cronológica», el notable envejecimiento de las dataciones radiocarbónicas tiene una importante incidencia en los modelos que todavía en la década de los 60 se hallaban vigentes para explicar la introducción de la metalurgia en el solar europeo o la aparición de determinados elementos en las culturas del Bronce de Centroeuropa o la Fachada atlántica. La «ruptura de amarras cronológicas» mencionada produce un general derrumbe de los modelos difusionistas *ex Oriente lux* y coadyuva, al compás de las doctrinas de una Nueva Arqueología en plena expansión, a una preocupación por los desarrollos locales, así como un cierto desdén por los estudios orientados hacia el establecimiento de correlaciones cronológicas entre diversas culturas.

A lo largo de la primera y segunda revoluciones del radiocarbono, son obvios los servicios que el C-14 ha jugado en el destierro de teorías no suficientemente fundamentadas y en el replanteamiento de los mecanismos de cambio que actúan en el curso del desarrollo de las sociedades humanas, muy en particular las europeas de la Prehistoria más reciente.

No obstante, al lado de una hostilidad o escepticismo hacia este método de datación, más clara en los primeros momentos de su aplicación, se puede observar de forma paralela una actitud de signo completamente opuesto, patente en una aceptación acrítica de los resultados proporcionados por el radiocarbono. Esta postura «seguidista» es fruto por un lado de una generalizada pasión, en parte propiciada y alentada por la New Archaeology, hacia los aspectos científicamente «más duros» de la reconstrucción del pasado, y está reforzada a la vez por una ya añeja actitud reverencial y un tanto acomplejada por parte del humanista hacia las técnicas y métodos importados del campo de las Ciencias Naturales (Renfrew y Hodder 1991). Al compás de este lastre ideológico se produce a menudo en las últimas décadas una aceptación sin más de los datos suministrados por el C-14, soslayando sus limitaciones y, sobre todo, la necesidad ineludible por parte del arqueólogo de ejercer desde sus propios presupuestos una tarea interpretativa que tenga muy en cuenta los problemas y condicionamientos de orden cultural y de registro que rodean la obtención de una datación radiocarbónica.

Paradójicamente (o tal vez lógicamente) esa clase de posicionamientos acríticos están en relación inversa con el número de dataciones radiocarbónicas disponibles. Así, en un país como Galicia, francamente subdesarrollado a este respecto, abundan en la literatura arqueológica «seria» las referencias a fechas de Carbono 14, consideradas clave para explicar el momento de aparición de fenómenos como la economía de producción en el Noroeste, pero que en nuestra opinión habría que calificar más bien de «flotantes», pues a su carácter único se une el desconocimiento acerca de la procedencia estratigráfica exacta y de las condiciones de recuperación de las muestras analizadas⁵.

Un ejemplo particularmente relevante de los problemas de interpretación que

⁵ Hemos obviado referencias más precisas para la Prehistoria gallega porque la discusión en profundidad de casos concretos nos llevaría fuera de los límites del presente trabajo.

pueden suscitarse lo encontramos en las dataciones del complejo monumental de Praia das Maçãs (Sintra, Portugal) (2310 ± 60 bc para la *cámara occidental* y 1700 ± 60 bc para el *tholos* adyacente), que al documentar la existencia de un significativo desfase cronológico entre ambas estructuras pasaron a ser uno de los soportes fundamentales para el establecimiento de una secuencia relativa dentro del megalitismo peninsular (Leisner et alii 1969). Las revisiones efectuadas sobre este yacimiento, muy en particular la de Ph. Kalb (1981), han puesto en entredicho las interpretaciones avanzadas por V. Leisner e igualmente la representatividad de sus fechas radiocarbónicas. Centrándonos en estas últimas, el análisis crítico de la memoria de excavación y la reconsideración de la estratigrafía horizontal y vertical del monumento de Praia das Maçãs, conduce casi inevitablemente a la conclusión de que la interpretación canónica de las fechas mencionadas es incorrecta. Esta impugnación se basa en que, en palabras de los mismos excavadores, la muestra correspondiente al *tholos* constaba de carbones recogidos de todos los sectores (¡en una construcción funeraria de reconocida y dilatada reutilización!), con lo que verosíblemente el valor resultante no es sino una media *sui generis* de toda una serie de restos de distinta antigüedad. Al margen de este problema metodológico fundamental y a partir de la observación estratigráfica, puede aventurarse la posibilidad de que la datación del *tholos* en realidad se correspondiese con una destrucción antigua de éste acompañada de un incendio, lo que en cualquier caso abre un amplio interrogante, como señala Kalb, en cuanto a la auténtica discontinuidad temporal entre esta estructura y la cámara occidental.

La situación actual. ¿Tercera revolución del radiocarbono?

Durante los años 80 se acelera aún más el ya antes incontenible avance de la arqueología científica (traducimos literalmente el término inglés *archaeological science*) en los más insospechados campos de estudio de la Prehistoria. En paralelo con este desarrollo se inicia una dinámica de renovación disciplinar representada por la aparición de la arqueología contextual o postprocesual, que entre otras cosas enfatiza la necesidad de contemplar la reconstrucción del pasado dentro de una perspectiva integrada, que no prime excesiva o exclusivamente los aspectos más «científicos» a costa de los planteamientos específicamente histórico-culturales (Thomas 1991). En un plano más empírico se resalta (Bailey 1991; Tite 1991) la importancia de un diálogo efectivo entre arqueólogos y científicos, para lo cual ambos grupos han de compartir un mínimo de información: los primeros acerca de las posibilidades —y límites— que tiene la aplicación de las Ciencias Naturales a los estudios prehistóricos, y los segundos sobre los métodos y objetivos de la Arqueología.

En consonancia con la dinámica descrita anteriormente, durante los últimos años se ha ido abriendo paso una apreciación más relativista del método del Carbono 14 que si bien valora las posibilidades que éste ofrece y los obvios progresos producidos en el plano instrumental, deja de considerar sus resultados «como una especie de Evangelio» (Hassan y Robinson 1987). En esta nueva posición influye

la conciencia de las incertidumbres inherentes a la aplicación de la calibración, especialmente en las etapas más recientes de la Prehistoria, donde los amplios intervalos para un nivel de confianza correspondiente a 2σ pueden hacer casi inútil el resultado final.

No obstante, cabe considerar algunas alternativas que diluyan en parte esa impresión un tanto pesimista y permitan refinar en la medida de lo posible las dataciones obtenidas. Hoy en día, algunos laboratorios pueden obtener de una forma rutinaria fechas radiocarbónicas de gran precisión (con una desviación típica en torno a los 20-25 años en ciertos casos) (Mook y Waterbolk 1985). Estas requieren sin embargo muestras homogéneas, de gran tamaño y/o largos períodos de medición, lo cual puede hacer prohibitiva su obtención y en la práctica las mediciones de gran precisión se aplican básicamente en tareas de calibrado (Whittle 1990).

De forma cada vez más frecuente se recurre al análisis de varias muestras con la misma procedencia, esta práctica tiene dos ventajas fundamentales: permite sortear el peligro de depender de una solitaria fecha —tal vez anómala— y calcular una medida ponderada entre todos aquellos resultados que sean coherentes. Esto último sólo se puede hacer cuando se tenga la completa certeza de que todas las fechas provienen de una muestra única (v. g. restos de un mismo cadáver), el resultado final obtenido tendrá una precisión bastante mayor⁶, lo que a su vez facilita enormemente las tareas de calibración.

En último caso habrá que reconocer paladinamente que bajo determinadas circunstancias y en ciertos períodos, los resultados proporcionados por el C-14 distan mucho de ser absolutos (v.g. Harrison 1988 sobre las fechas para el campaniforme ibérico) y, en términos reales, la mayor potencialidad del sistema puede residir en el establecimiento o corroboración de secuencias dentro de, o entre, los yacimientos. Un reciente desarrollo dentro del método apunta en esta dirección: se trata de las «dataciones de primera mano» (*first order dates*), halladas sobre conchas marinas que son tratadas con ácido, midiendo a continuación la radioactividad del CO² resultante mediante un contador de centelleo líquido (Glover et alii 1990). Esta técnica no permite una gran precisión y su aplicación práctica se restringe al Holoceno, pero a cambio es muy rápida y barata, todo lo cual la hace idónea en labores de prospección o análisis preliminar de yacimientos de tipo conchero (Frankel 1991).

Cuando, por muchas precauciones y salvaguardias que se tomen, las fechas radiocarbónicas no son lo suficientemente precisas se ha de recurrir a otros medios para establecer una cronología más detallada. Varias posibilidades se plantean a este respecto: de una parte la dendrocronología se convierte cada vez más en el medio de proporcionar fechas de una precisión que ronda el año en los casos más favorables y las regiones mejor estudiadas (Hillam et alii 1990; Raftery 1990), que hoy en día rebasan cada vez más ampliamente las clásicas áreas de turberas

⁶ A título de ejemplo podemos citar la serie de fechas publicada por Hassan y Robinson (1987) para una misma muestra procedente de la mastaba de Tarkhan II (1.^a Dinastía egipcia): 4224 \pm 97 bp, 4265 \pm 80 bp, 4150 \pm 110 bp, 4160 \pm 110 bp, 4388 \pm 50 bp, 4200 \pm 90 bp y 4310 \pm 90 bp, siendo el valor correspondiente a la media ponderada de 4279 \pm 30 bp que según los autores citados, una vez calibrado, daría una estimación en torno al 2897 a. C.

y lagos alpinos (Lambert y Lavier 1990)⁷. Así, este método de datación es fundamental para los últimos 6.000 años en muchas regiones de Europa Occidental a la hora de establecer cronologías absolutas o relativas (v.g. Ramseyer 1985), en combinación o no con el C-14 y los análisis tipológicos (ver Bocquet 1989 para una comparación entre dendrocronología y seriación tipológica en el Bronce Final del Norte de Italia).

Por último no deben echarse en saco roto las posibilidades ofrecidas por viejas —y frecuentemente denostadas— herramientas de la arqueología como la seriación tipológica o las correlaciones estratigráficas, una vez despejadas del lastre normativo habitual hace unas décadas. Así, Waterbolk (1983) apunta que para el Neolítico final holandés la cronotipología provee unas secuencias más detalladas que el Carbono 14. Una situación ideal es cuando para un mismo yacimiento o complejo cultural pueden aplicarse sistemas de datación de diverso signo, complementándose y eventualmente reforzándose mutuamente como ya comentábamos en el caso del yacimiento del lago Mungo (Carbono 14, termoluminiscencia y arqueomagnetismo), o el de las recientes fechas para el Musteriense final del Norte de España (Carbono 14 y series del Uranio —Bischoff et alii 1989). Para épocas más recientes, la combinación de datos históricos y radiocarbónicos ha demostrado grandes potencialidades en su aplicación a la cronología de las altas culturas del Próximo Oriente (Hassan y Robinson 1987; Bruins y Mook 1989). Baillie (1991) da un ejemplo particularmente elaborado de esta aproximación multivariante hacia una cronología histórica, al combinar las fuentes escritas con la información extraída de los sondeos en el hielo de Groenlandia y la procedente de la dendrocronología, para fechar con precisión erupciones volcánicas catastróficas que arrojan grandes masas de materiales a la atmósfera, provocando disminuciones en la irradiación solar y como consecuencia malas cosechas, epidemias o crisis, además de un menor grosor en los anillos de crecimiento de los árboles.

En suma, la posición más generalizada hoy en día ante el Carbono 14, sin pretender una vuelta hacia las opiniones antaño defendidas por Milošević, reconoce las limitaciones de diversa índole que presenta este método de datación —y cualquier otro al que se recurra—, al tiempo que intenta sortear esos obstáculos mediante una progresiva mejora en el plano estrictamente técnico y a través del recurso a otros sistemas semejantes o a las armas más clásicas de la Arqueología. Creemos que esta actitud realista y a la vez constructiva, no sólo en relación con el radiocarbono sino en general hacia las demás técnicas importadas del campo de las Ciencias Naturales, es quizás un signo de madurez y una condición previa para conseguir lo que R. Bradley (1984) denominaba «toma de confianza en sí misma de la Arqueología».

⁷ Habría que considerar la posibilidad de efectuar estudios dendrocronológicos a partir de los restos recuperados en humedales del Norte de España. Sondeos recientes en *brañas* gallegas son alentadores a este respecto (com. pers. del prof. F. Criado).

BIBLIOGRAFIA

- AITKEN, M. J. (1990), *Science-based dating in archaeology*. Londres.
- ALMAGRO, M. y ARRIBAS, A. (1963), El poblado y la necrópolis megalíticas de Los Millares. *Bibliotheca Praehistorica Hispana*, 3. Madrid.
- ALMAGRO CORBEA, M. (1978), C-14 y Prehistoria de la Península Ibérica. *Fundación Juan March, Serie Universitaria*, 77. Madrid.
- (1989), *Las técnicas del radiocarbono*. En (Ripoll, G. coord.) *Arqueología hoy*. Madrid, pp. 54-60.
- BAILEY, G. N. (1991), *Strategies of Collaboration: science-based archaeology in the field*. *Archaeological Review from Cambridge*, 10:1, pp. 12-18.
- BAILLIE, M. G. L. (1982), *Tree-ring dating and archaeology*. Londres.
- (1991), *Marking in marker dates: towards an archaeology with historical precision*. *World Archaeology*, 23.2, pp. 233-243.
- BARBETTI, M. F. y FLUDE, K. (1979), *Geomagnetic variation during the late Pleistocene period and changes in radiocarbon timescale*. *Nature*, 279, pp. 202-205.
- BARKER, H. (1970), *Critical assessment of radiocarbon dating*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 269, pp. 35-47.
- BELO, M. de F. (1981), *Métodos de datação absoluta em Arqueologia*. *Arqueologia*, 4, pp. 28-40.
- BELL, W. T. (1991), *Thermoluminescence dates for the Lake Mungo aboriginal fireplaces and the implications for radiocarbon dating*. *Archaeometry*, 33, pp. 43-50.
- BISCHOFF, J. L. et alii (1989), *Abrupt Mousterian/Aurignacian boundary at c. 40 ka bp: Accelerator 14C dates from L'Arbreda cave*. *Journal of Archaeological Science*, 16, pp. 563-576.
- BOCQUET, A. (1989), *Cohérence entre les dates dendrochronologiques alpines au Bronze Final et la chronologie typologique italique*. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 86, pp. 334-339.
- BOWMAN, S. y BALAAM, N. (1990), *Using radiocarbon*. *Antiquity*, 64, pp. 315-318.
- BRADLEY, R. (1984), *The Social Foundations of Prehistoric Britain*. Londres.
- BROTHWELL, D. y HIGGS, E. (eds.) (1980), *Ciencia en Arqueología*. Madrid.
- BROWMAN, D. L. (1981), *Isotopic discrimination and correction factors in Radiocarbon dating*. En (Schiffer, M. B. ed.) *Advances in archaeological method and theory*, 4, pp. 241-295.
- BRUINS, H. J. y MOOK, W. G. (1989), *The need for a calibrated radiocarbon chronology of Near Eastern Archaeology*. *Radiocarbon*, 31, pp. 1019-1029.
- BURLEIGH, R. (1980), *Progress in Scientific Dating Methods*. Londres.
- CABRAL, J. M. P. (1990), *Arqueometria no LNETI — Balanço e perspectivas*. *Arqueologia*, 20, pp. 110-123.
- CABRAL, J. M. P. y SOARES, A. M. (1984), *Datação pelo radiocarbono. II-sobre a estimação do verdadeiro valor das datas convencionais de radiocarbono e a comparação de duas datas*. *Arqueologia*, 10, pp. 89-99.
- CABRERA, V. y BISCHOFF, J. L. (1989), *Accelerator C-14 dates for Early Upper Palaeolithic (Basal Aurignacian) at El Castillo cave*. *Journal of Archaeological Science*, 16-6, pp. 577-584.
- CARBALLO ARCEO, X. y FABREGAS VALCARCE, R. (1991), *Daticiones de Carbono-14 para castros del Noroeste peninsular*, *Archivo Español de Arqueología*, 64, pp. 244-264.
- CHIPPINDALE, C. (ed.) (1987), *Special radiocarbon section*. *Antiquity*, 61-231, pp. 97-138.

- DELIBRIAS, G.; EVIN, J. y THOMMERET, Y. (1982), *Correction des dates radiocarbone*. Bulletin de la Société Préhistorique Française, 79, pp. 270-274.
- EVIN, J. (1987), *Carbone 14*. En (Miskowski, J. C. dir.) Géologie de la Préhistoire: méthodes, techniques, applications. París, pp. 1041-1060.
- FABREGAS VALCARCE, R. (1988)), *Cronología y periodización del megalitismo en Galicia y Norte de Portugal*. Espacio, tiempo y forma, 1, pp. 279-291.
- FERNANDEZ MARTINEZ, V. M. (1984), *La combinación estadística de las fechas de Carbono-14*. Trabajos de Prehistoria, 41, pp. 349-359.
- (1989), *Teoría y método de la Arqueología*. Madrid.
- FRANKEL, D. (1991), *First-order radiocarbon dating of Australian shell-middens*. Antiquity, 65, pp. 571-574.
- GILLESPIE, R. (1984), *Radiocarbon user's handbook*. Oxford.
- GLOVER, E. et alii (1990), *First-order C-14 dating of marine molluscs in archaeology*. Antiquity, 64-244, pp. 562-567.
- GOVE, H. E. (1990), *Dating the Turin Shroud -An assessment*. Radiocarbon, 32, pp. 87-92.
- GOWLETT, J. A. J. et alii (1989), *Radiocarbon accelerator (AMS) dating of Lindow Man*. Antiquity, 63, pp. 71-79.
- HALL, E. T. (1987), *The Courtrai chest from New College, Oxford, re-examined*. Antiquity, 61, pp. 104-107.
- (1989), *The Turin Shroud: An editorial postscript*. Archaeometry, 31, pp. 92-95.
- HARRISON, R. J.
- (1988), *Bell Beakers in Spain and Portugal: working with radiocarbon dates in the III millenium B. C.* Antiquity, 62, pp. 464-472.
- HASSAN, F. A. y ROBINSON, S. W. (1987), *High-precision radiocarbon chronometry of ancient Egypt, and comparisons with Nubia, Palestine and Mesopotamia*. Antiquity, 61, pp. 119-135.
- HEDGES, R. E. M. (1983), *14-C dating by the accelerator technique*. En (Mook, W. G. y Waterbolk, H. T. eds.) 14-C and chronology, 1st International Symposium, Groninga, 1981, pp. 165-175.
- HILLAM, J. et alii (1990), *Dendrochronology of the English Neolithic*. Antiquity, 64, pp. 210-220.
- KALB, Ph. (1981), *Zur relativen Chronologie portugiesischer Megalithgräber*, Madrider Mitteilungen, 22, pp. 55-77.
- KRA, R. (1988), *Updating the Past: The Establishment of the Internatinal Radiocarbon Date Base*. American Antiquity, 53-1, pp. 118-125.
- LAMBERT, G. y LAVIER, C. (1990), *Dendrochronologie et préhistoire*. Bulletin de la Société Préhistorique Française, 87, pp. 143-152.
- LEAHY, K. (1986), *A dated stone axe-hammer from Cleethorpes, South Humberside*. Proceedings of the Prehistoric Society, 52, pp. 143-152.
- LEISNER, V. et alii (1969), *Les monuments préhistoriques de Praia das Maçãs et de Casainhos*, Serviços Geológicos de Portugal, 16, Lisboa.
- LEUTE, U. (1988), *Archaeometry: an introduction to physical methods in Archaeology and the History of Art*. Cambridge.
- LIBBY, W. (1970), *Datación radiocarbónica*. Barcelona.
- LINGENFELTER, R. E. y RAMATY, R.
- (1970), *Astrophysical and geophysical variations in C-14 production*. En (Olsson, I.U. ed.) Radiocarbon variations and absolute chronology, Uppsala, pp. 513-538.
- LOY, T. H. et alii (1990), *Accelerator radiocarbon dating of human blood proteins in pigments from the Late Pleistocene art sites in Australia*. Antiquity, 64, pp. 110-116.
- MICHELS, J. W. (1973), *Dating methods in Archaeology*. Massachussets.

- MOOK, W. G. (1983), *C-14 calibration curves depending on sample time-width*. En (Mook, W. G. y Waterbolk, H. T. eds.) *C-14 and chronology*, 1st International Symposium, Groninga, 1981, pp. 518-525.
- MOOK, W. G. y WATERBOLK, H. T. (1985), Radiocarbon dating. *Handbooks for Archaeologists*, 3. Estrasburgo.
- OTTAWAY, B. S. (1987), *Radiocarbon: where we are and where we need to be*. *Antiquity* 61, pp. 135-136.
- PEARSON, G. W. (1987), *How to cope with calibration*. *Antiquity*, 61, pp. 98-103.
- RAFTERY, B. (1990), *Trackways through time*. Dublín.
- RAMSEYER, D. (1985), *La dendrochronologie et l'interprétation des structures d'habitat néolithiques. L'exemple de Montilier/Platzbünden*. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 82, pp. 20-31.
- RENFREW, C. (1987), *El alba de la civilización. La revolución del radiocarbono y la Europa prehistórica*. Madrid (1.^a ed. inglesa: 1973).
- RENFREW, C. y HODDER, I. (1991), *Interpreting Archaeological Science: A discussion with Colin Renfrew and Ian Hodder*. *Cambridge Archaeological Review*, 10:1, pp. 70-85.
- RIUS CAMPS, J. (1986), *Dendrocronología*. *Investigación y Ciencia*, 113, pp. 38-44.
- RIVERA NUÑEZ, D. y WALKER, M. J. (1991), *Grape remains and direct radiocarbon dating: a disconcerting experience from El Pardo, Murcia, Spain*. *Antiquity*, 65, pp. 905-908.
- ROTH, E. y POTTY, B. (1985). *Méthodes de datation par les phénomènes nucléaires naturels*. París.
- SCOTT, E. M. et alii (1983), *C-14 dating reproducibility: evidence from a combined experimental and statistical program*. En (Mook, W. G. y Waterbolk H. T. eds.) *C-14 and chronology*, 1st International Symposium, Groninga, 1981, pp. 133-145.
- (1990), *An overview of all three stages of the international radiocarbon intercomparison*. *Radiocarbon*, 32, pp. 309-319.
- STUIVER, M. y KRA, R. S. (eds.) (1986), *Radiocarbon calibration issue: proceedings of the Twelfth International Radiocarbon Conference, Trondheim, 1985*.
- STUIVER, M. y PEARSON, G. W. (1986), *High-precision calibration of the radiocarbon time scale, AD 1950-500 BC*. *Radiocarbon*, 28-2b, pp. 805-838.
- STUIVER, M. et alii (1986), *Radiocarbon age calibration of marine samples back to 9000 cal YR BP*. *Radiocarbon*, 28-2b, pp. 980-1021.
- TAYLOR, R. E. (1987), *Radiocarbon dating: an archaeological perspective*. Londres.
- THOMAS, J. (1991), *Science or Anti-Science?* *Cambridge Archaeological Journal*, 10:1, pp. 27-36.
- TITE, M. S. (1991), *Archaeological science - Past achievements and future prospects*. *Archaeometry*, 33, pp. 139-151.
- VV.AA. (1979), *Méthodes de prospection et de datation*. *Les Dossiers de l'archéologie*, 39.
- VV.AA. (1991), *Interpreting Archaeological Science*. *Archaeological Review from Cambridge*, 10.1. Cambridge.
- WATERBOLK, H. T. (1983), *The integration of radiocarbon dating in archaeology*. *Radiocarbon*, 25, pp. 639-644.
- (1987), *Working with radiocarbon dates in southwestern Asia*. En (Aurenche, O. et alii, eds.) *Chronologies in the Near East*. Oxford, pp. 39-59.
- WATKINS, A. (1975), *Radiocarbon: Calibration and Prehistory*. Edimburgo.
- WHITTLE, A. (1990), *Radiocarbon dating of the Linear Pottery culture: the contribution of cereal and bone samples*. *Antiquity*, 64-243, pp. 297-302.
- (1990), *Problems in Neolithic Archaeology*. Cambridge.
- ZEUNER, F. E. (1956), *Geocronología: la datación del pasado*. Madrid.