

EL COSTO DE LA DESALINIZACION NUCLEAR

Si se desaliniza el agua del mar u otras aguas salobres con ayuda de un reactor nuclear, ¿cuánto costará el agua dulce así obtenida? ¿Qué métodos se emplean para evaluar y calcular dicho costo?

Estas cuestiones son de fundamental importancia para los países que, en número cada vez mayor, ven en la desalinización un medio de obtener agua potable o agua para uso en la industria o la agricultura.

El Organismo, teniendo presentes las recomendaciones del grupo de expertos que convocó en Viena (Austria) en abril de 1965, está preparando un informe sobre los métodos de desalinización que se emplean o se están perfeccionando en diversos países. En abril del presente año se reunió en Viena otro grupo de expertos, a fin de ayudar al Organismo en la redacción definitiva de dicho informe, que se publicará el próximo otoño.

El grupo de expertos, integrado por 20 especialistas de 7 países, fue presidido primero por el Sr. N. Carrillo (México) y después por el Sr. V.N. Meckoni (India).

CRONOLOGIA ISOTOPICA E HISTORIA

Por Willard F. Libby

En enero de 1966, el Profesor Libby pronunció en la Sede del OIEA una conferencia sobre la determinación de edades por medio del radiocarbono.

El radiocarbono se produce en la naturaleza como resultado de la irradiación del aire por los rayos cósmicos. La duración media de la vida del radiocarbono es de 8 000 años y su período de semidesintegración es de unos 5 700; buena parte del radiocarbono contenido en nuestro cuerpo se produjo antes de que empezara la historia. En comparación con el radiocarbono, ésta es de origen reciente. Los datos históricos más antiguos de que disponemos apenas alcanzan lo que dura un período de semidesintegración del radiocarbono. En cambio, comparada con la edad de la tierra, la vida del radiocarbono es muy corta. La edad de la tierra se calcula en unos 5 000 millones de años, lo que equivale a un millón de períodos de semidesintegración del radiocarbono. Por este motivo el radiocarbono, de escasísima utilidad para el estudio de los procesos geológicos, que son de muy larga duración, puede emplearse para llevar a cabo ciertas investigaciones relativas a la historia del hombre.



El Dr. Willard Libby, que recibió en 1960 el Premio Nóbel de Química por sus trabajos sobre determinación de edades con radiocarbono.

¿En qué se basa esta aplicación? En las capas superiores de la atmósfera, a más de 15 000 metros de altura, los rayos cósmicos producen radiocarbono al convertir el nitrógeno en carbono-14. Este carbono, cuyas propiedades químicas son naturalmente distintas, se quema con el oxígeno atmosférico y produce principalmente anhídrido carbónico que es la sustancia que nos interesa. En esencia, estamos hechos de tres cosas: anhídrido carbónico, vapor de agua y luz solar, con una pizca de sal. La fotosíntesis produce plantas verdes convirtiendo el anhídrido carbónico y el agua en materia vegetal al incorporarles la luz del sol. Por tanto, el material de que surge la vida procede del aire - y más exactamente del anhídrido carbónico del aire. Podemos perfectamente suponer que en el transcurso de 8 000 años los vientos mezclan muy íntimamente los componentes de la atmósfera. Hoy, gracias a los estudios de las precipitaciones radiactivas sabemos que para ello bastan de cinco a diez años. Es decir, que aunque el radiocarbono se produzca en las capas superiores, a más de 15 kilómetros de altura, tardará pocos años en alcanzar los estratos inferiores, desde donde puede pasar a las plantas.

Así, pues, las plantas se alimentan del radiocarbono producido por los rayos cósmicos y nosotros nos alimentamos con las plantas; de este modo, todos los seres vivos adquieren radiactividad con el carbono-14. Y el hecho más importante, el que hace posible la determinación de edades mediante el empleo del radiocarbono es que el lazo que nos une a los rayos cósmicos sólo existe en la medida en que seguimos comiendo. Mientras vivimos y nos alimentamos continuamos ingiriendo y adsorbiendo radiocarbono. Los átomos de carbono-14 que se encuentran en nuestro cuerpo y que tienen en promedio 8 300 años de edad, han estado muchas veces en el aire en forma de anhídrido carbónico, han vuelto a la superficie de la tierra a formar parte de las plantas o, más probablemente, han sido disueltos en las grandes profundidades del océano. Durante muchísimo tiempo los vientos los han arrastrado de un lado a otro, las corrientes

oceánicas los han mezclado, y así, pese a que los rayos cósmicos varían sumamente según la latitud geográfica — son mucho más intensos en los polos que en las zonas ecuatoriales — después de esos miles de años, cabe esperar que su distribución sea uniforme en toda la tierra. En efecto, la materia viva — por ejemplo: un trozo de madera o de tejido orgánico, o cualquier otro material vivo, aunque proceda de especies diversas y lugares distintos — contiene siempre la misma cantidad de radiocarbono por gramo de carbono. Es decir, la composición — la concentración — del radiocarbono en el carbono de la materia viva es uniforme en toda la extensión del mundo y para todas las especies, y esto se debe al proceso continuo de mezcla. Mientras seguimos en vida formamos parte de este gigantesco sistema que está en continua agitación. Pertenecemos a los océanos y al aire y formamos partes de un mismo sistema. Pero estamos ligados a él por nuestras bocas, a través de los alimentos.

CONCENTRACION UNIFORME DEL ^{14}C

La determinación de edades mediante el empleo del radiocarbono está basada en este principio. Cuando un ser muere deja de comer. Cuando un ser muere termina la ingestión de radiocarbono. Desde luego, una característica de todas las sustancias radiactivas es que también ellas se desintegran; desaparecen y se transforman. En el caso del radiocarbono, la transformación se produce a razón del 50 por ciento de su masa cada 5700 años, y el resultado es que vuelve a formarse el nitrógeno de que procede en un principio el radiocarbono. En el curso de esta transformación se emiten radiaciones que permiten detectar el momento en que el átomo radiactivo deja de existir. Si introducimos en un contador, por ejemplo, el anhídrido carbónico obtenido quemando un trozo de madera y escuchamos el recuento, podemos detectar el momento en que los átomos de carbono desaparecen y se convierten de nuevo en nitrógeno. Para que se produzca una desintegración por minuto son necesarios unos 4000 millones de átomos de radiocarbono, ya que el promedio de vida del radiocarbono es de 8300 años, o 4400 millones de minutos. Así, pues, el anhídrido carbónico que introducimos en el contador tiene que contener 4400 millones de átomos de radiocarbono para que podamos detectar las radiaciones que emite. Este número, que parece enorme, no lo es si se considera en porcentaje; el número total de átomos en un gramo de carbono es 10^{23} veces superior. Es decir, en el caso anterior se trataría de un átomo de radiocarbono en un millón de millones de átomos de carbono ordinario. Esa es la concentración corriente en la materia viva. Y en el momento de la muerte, todos los seres vivos contienen esa proporción. Su índice de recuento será el correspondiente al contenido de 66000 millones de átomos radiactivos por gramo de carbono, lo que da un número total de desintegraciones de 15 por minuto y por gramo, aproximadamente.

Lo primero que hicimos cuando estábamos desarrollando el método de determinación de fechas por medio del radiocarbono fue demostrar que era efectivamente así: que el radiocarbono aparece en todos los tejidos vivos y precisamente en la concentración uniforme esperada. Lo logramos bastante pronto y nos complació ver que la teoría hasta cierto punto sim-

plista que habíamos utilizado era correcta. Hoy, pasados ya algunos años y después de haber efectuado mediciones más exactas, comprobamos que, en realidad, no lo era enteramente. Existen diferencias muy pequeñas entre las especies. Por ejemplo, la vida marina contiene un poco menos de radiactividad de lo que debiera: al parecer existe una especie de barrera natural que impide que el anhídrido carbónico del aire se disuelva en el agua del mar. No se disuelve con facilidad.

Fuimos lo bastante inocentes para seguir adelante y, en general, todo nos salió bien. Nunca he visto un trabajo de investigación tan afortunado. Por ejemplo, supusimos que los océanos se mezclan rápidamente y que la mayor parte de la retención del radiocarbono tenía lugar en los océanos, que contienen mucho más carbono disuelto en forma de sales que toda la materia viva. Teníamos que calcular, basándonos en lo que sabíamos sobre la velocidad de producción de los rayos cósmicos, cuál sería la concentración en el mar. Si sólo considerábamos la biosfera, la concentración que debíamos esperar en ella sería treinta veces mayor que la que en realidad encontramos experimentalmente. No obstante, acertamos al pensar que los océanos se mezclan rápidamente y que la concentración de radiocarbono en la biosfera es treinta veces inferior a la que cabría esperar teniendo en cuenta la velocidad a que lo producen los rayos cósmicos. En realidad, los océanos contienen treinta veces más carbono que el conjunto de la biosfera. Tuvimos suerte. Tuvimos suerte también al suponer que el ciclo del humus es muy rápido o, mejor dicho, que la cantidad retenida en cada fase del proceso no es grande en comparación con el inventario total. Esto, a pesar de que sabíamos perfectamente que el carbón y el petróleo y toda la materia orgánica de esta clase habría perdido ya desde hacía mucho tiempo el radiocarbono por desintegración radiactiva, y que desde el momento en que quedaron formados había comenzado su desequilibrio.

EL VEREDICTO DE LA MOMIA

La etapa siguiente de nuestras investigaciones fue determinar si era cierto que una momia de 5700 años sólo contenía la mitad del radiocarbono presente en una persona viva. No existen momias de 5700 años. Las más antiguas - es decir, aquellas cuya edad es relativamente bien conocida - tienen 4800 pero nos bastaban para comprobar nuestra teoría. Las primeras dinastías de Egipto nos dan los datos históricos más antiguos. Conforme se retrocede en la historia va disminuyendo la certidumbre con que los historiadores son capaces de fijar las fechas. Basándome en mi experiencia afirmaría que están dispuestos a poner la mano en el fuego por lo que respecta a los 3750 últimos años, pero que para todo lo anterior a esa fecha comienzan a dudar un poco. No obstante, eso les basta para retroceder sin titubeos hasta Sesostri III, de la XII dinastía de Egipto.

Así, pues, teníamos dos períodos para poder comprobar nuestro método. Uno era de 3700 años; el otro unos mil años más largo. Tuvimos mucha suerte porque nuestras comprobaciones, exceptuando uno o dos casos, dieron excelentes resultados. Una de las excepciones es muy interesante. Trabajábamos en colaboración con el Oriental Institute de la Universidad de Chicago, de renombre mundial, con la gran colección que J.H. Breasted trajo de

Egipto. Y el tercer objeto egipcio que estudiamos resultó ser moderno. Se trataba de una de las piezas más preciosas; si mal no recuerdo, se consideraba que pertenecía a la V dinastía. Fue un día muy negro. Pero como las dos primeras mediciones habían tenido buen éxito, los especialistas del Instituto examinaron su documentación y estimaron que era perfectamente posible que les hubieran engañado, de modo que continuamos nuestro trabajo. La única forma en que podemos interpretar aquella medición es que les habían dado "gato por liebre". Pero en general tuvimos pocas sorpresas. Por ejemplo, para Stonehenge obtuvimos 3700 años, lo que concuerda perfectamente con las predicciones del Profesor Stuart Piggott, el gran especialista en Stonehenge. En toda la historia de Roma y de Egipto no encontramos ninguna disconformidad. No teníamos muchas mediciones que hacer porque, en general, los arqueólogos conocen las fechas mejor de lo que las podemos determinar nosotros y lo más corriente es que nos entreguen muestras como favor especial. Para una medición precisamos de 20 a 30 gramos de material bastante rico en carbono, y para ciertos objetos se trata de una cantidad demasiado grande. En cambio, a veces nos bastan muestras que no serían de ninguna otra utilidad. Por ejemplo, fechamos los manuscritos del Mar Muerto - el original del libro de Isaías - empleando el trozo de lino en que estaban envueltos cuando los encontraron.

Algunos de los objetos cuya edad se ha determinado usando radiocarbono. Arriba, a la izquierda: Una cuerda de hace 2600 años procedente del Perú. Arriba, a la derecha: La envoltura de lienzo del Libro de Isaías (Manuscritos del Mar Muerto). Abajo, a la izquierda: Una sandalia de hace 9000 años procedente de Oregón. Abajo, a la derecha: Excrementos de un megaterio (extinguido en la actualidad), 10000 años. (Fotografía: *Institute for the Study of Metals*).



He de admitir que hemos rehuido un poco los objetos religiosos y no los hemos buscado como objeto de investigación. Aunque tendríamos mucho gusto en ayudar a establecer datos para los que se dedican a la investigación, tenemos suficientes problemas incluso sin intervenir en cuestiones religiosas. Sin embargo, nunca hemos notado una escasez grave de materiales para los 3700 últimos años con los que comprobar la exactitud del método, y hemos podido establecer que el procedimiento es exacto dentro del error de medición que encontramos cuando comenzamos a trabajar con él a principios del decenio pasado, y que es de unos ± 100 años o algo parecido. Más recientemente, mediciones efectuadas con extremo cuidado y con instrumentos de gran precisión han mostrado que existen desviaciones sistemáticas, lo que indica que la velocidad a que se produce el radiocarbono no es estrictamente constante. En un principio supusimos de manera implícita que lo era. Cuando comparábamos el radiocarbono en una momia egipcia y en un hombre vivo suponíamos que se habían hallado en condiciones similares. Esto equivalía a suponer que la velocidad de producción del radiocarbono en los tiempos del antiguo Egipto era la misma que hoy, que los rayos cósmicos eran los mismos y que la cantidad de agua de los océanos era también la misma; es decir, que el grado de dilución del radiocarbono no había experimentado ninguna modificación. Tenemos pruebas bastante convincentes de que en 5000 años el océano no ha cambiado mucho en su composición ni en su nivel. Se trata de un periodo muy corto en comparación con la historia geológica.

VARIACIONES DE LOS RAYOS COSMICOS

Pero el caso de los rayos cósmicos es muy distinto. Sabemos muy poco sobre su origen. Creemos que vienen de fuera del sistema solar y tenemos buenas pruebas para demostrarlo. Pero aunque así sea quedan muchas incógnitas porque, incluso si vienen de más allá del sistema solar, tienen que llegar hasta la tierra. La materia, y mucho más los campos magnéticos, deflecan los rayos cósmicos y el sol emite continuamente materia ionizada que transporta en campos magnéticos capaces de deflectar los rayos cósmicos. El Dr. Hans Suess, mi distinguido colega de la Universidad de California (San Diego), me ha enviado un trabajo titulado "Cambios climáticos de la velocidad de producción del radiocarbono por los rayos cósmicos". Dice, en resumen, que el hecho de que el clima sea cálido durante un siglo significa que el sol es especialmente activo y lanza muchas masas de plasma al espacio, con lo que la producción de radiocarbono es especialmente baja. Por tanto, las fechas obtenidas con radiocarbono para ese siglo indicarán una antigüedad excesiva y, al revés, cuando transcurren uno o dos siglos de clima frío, el sol es poco activo y los rayos cósmicos llegan con más intensidad, por lo que los resultados obtenidos indicarán fechas demasiado recientes. Estos errores son del orden de ± 50 años, de modo que quedan casi dentro del error experimental. Ha efectuado muchísimas mediciones empleando como material anillos anuales de troncos de árbol, de modo que conoce la fecha con mucha exactitud y creo que no se puede dudar seriamente de sus resultados. Durante los últimos años hemos estado trabajando con casas de campo inglesas cuyas fechas históricas

son perfectamente conocidas en muchos casos; los resultados que hemos obtenido concuerdan mejor con dichas fechas si introducimos las pequeñas correcciones indicadas por Suess. Yo creo que Suess ha dejado establecido que se produce una desviación pequeña pero medible. Pero en líneas generales, los resultados concuerdan de manera bastante satisfactoria.

Las consecuencias de ello son interesantes: los rayos cósmicos, la intensidad del plasma solar y el campo magnético de la tierra han permanecido fundamentalmente constantes, y la profundidad del océano no ha cambiado apreciablemente. Todo lo cual no es muy sorprendente.

Pero cuando se alcanzan los límites de la historia no se ha agotado ni siquiera la mitad del radiocarbono. La radiactividad se manifiesta de tal manera que en el primer período de semidesintegración se pierde la mitad de la sustancia, y la mitad del resto en otro período de semidesintegración, de forma que transcurridos dos períodos, es decir 11400 años, todavía queda el 25% de los átomos originales. Hacen falta diez períodos de semidesintegración - 57000 años - para que quede solamente un átomo de cada mil. Incluso con los métodos más sensibles de que disponemos no es posible medir una décima parte del 1% de la concentración que se encuentra en la materia viva. Por ello, el radiocarbono no es aplicable a ningún objeto o material que tenga más de 50000 años - en realidad, cuando se llega a los 40000 todo empieza a ser algo incierto. De todas formas, desde los comienzos de la historia - es decir, hace 4800 años - hasta hace 40000 años queda un intervalo de tiempo muy grande. Y no faltan en él ocasiones para comprobar el método. Este método es la finalidad principal de nuestras investigaciones, y nuestro objetivo ha sido obtener cosas con las que comprobarlo; nos ha producido cierta desilusión que la historia sea tan corta.

LA PRUEBA DE LOS GLACIARES

Dentro del período que abarca el radiocarbono se produjeron tres períodos glaciales. Al parecer, un período glacial afecta a la tierra entera - por lo menos, sería sorprendente que no lo hiciera - pero de lo que no cabe duda es de que afecta a todo un hemisferio. Por tanto, si encontramos que en cierto momento se produjo en Norteamérica una progresión de los glaciares lo mismo debería ocurrir al mismo tiempo en Europa. Este fue, pues, uno de los puntos críticos de comprobación prehistórica. Tomamos material de un bosque en Wisconsin que había sido desarraigado por un glaciar que se desplazaba en dirección sur. Medimos troncos de árboles, el suelo donde crecían los árboles y todas las partes de la vegetación que se conservaron al recubrirlas el glaciar con una capa de unos siete metros de tierra. Obtuvimos la misma respuesta para todas estas partes - 11400 años - con un error de dos o trescientos años. Este resultado tenía para nosotros varios significados importantes. Uno fue que incluso las fibras más minúsculas de las radículas, si se limpian convenientemente, pueden servir para la determinación exacta de fechas porque tienen la misma antigüedad que los trozos de madera de los grandes árboles. Y el humus del suelo era todavía auténtico y daba resultados correctos.

Y entonces nos fuimos a Europa, y en Inglaterra, en el norte de Alemania y en el norte de Francia encontramos las mismas fechas. También las hemos encontrado - con pruebas escasas, pero definitivas, al parecer - en el hemisferio sur.

Otra época de la historia de la humanidad fue el advenimiento del hombre en América del Norte, América del Sur y América Central. Por razones que ignoramos, el hombre no llegó a las Américas hasta después de fundirse la última capa de hielo. Llegó hace 10400 años, y llegó al mismo tiempo a los tres continentes. Esto contrasta mucho con lo que sucedió en Europa. El inglés más viejo tiene 10400 años porque el glaciar borró toda huella anterior. Por eso nos traía tan de cabeza el hombre de Piltdown, que al parecer tenía mucho más de 10400 años y, por tanto, fue un gran alivio averiguar que todo había sido mentira. Contribuimos un poco a descubrirla. Pero si el inglés más viejo tiene 10400 años es porque hace 10400 años que la capa de hielo dejó Inglaterra y él pudo llegar hasta allí - el Canal de la Mancha estaba seco. El americano más viejo tiene 10400 años.

Comprendemos muy bien que el inglés más viejo tenga 10400 años - ya he indicado las razones - pero no es nada fácil comprender por qué no ha habido nadie más viejo en las Américas, ya que no todas ellas estuvieron cubiertas por hielo. Lo que hizo el hombre europeo fue marcharse hacia la cuenca mediterránea - existen abundantes pruebas de que estuvo habitada en fechas muy anteriores a las que alcanza el radiocarbono. Hemos iniciado excavaciones en un yacimiento de Israel, cerca del Mar de Galilea, que según creemos tiene dos millones de años. Esto también supera con mucho la capacidad del radiocarbono; nos interesa porque quizá podamos ayudar a fechar las últimas fases. Después de haber fechado aproximadamente una docena de lugares habitados por los primeros hombres, en Norteamérica, América Central y Sudamérica, y de haber encontrado 10400 años para todos ellos, comenzamos a creer que, aunque parezca poco probable, es cierto. En realidad, podemos afirmar que, quizás con una sola excepción todos los lugares habitados en las tres Américas por los primeros hombres tienen una antigüedad de 10400 años - dejando algo de margen para el error de medición. Esto nos ha permitido no sólo comprobar la exactitud del método sino precisar algunos hechos de la historia de la humanidad.

Podríamos razonarlo diciendo que, por razones que ignoramos, el hombre no llegó a las Américas hasta que el Estrecho de Behring quedó seco debido al descenso del nivel del mar a consecuencia de la formación de hielos durante el último período glacial. La cantidad de hielo fue tal, que el nivel de los mares descendió 50 metros quedando entre Siberia y Alaska una banda muy ancha de tierra firme que se extendía por la costa occidental de Alaska hasta el Estado de Washington y que llegaba hasta bastante lejos dentro del océano. En la propia Alaska no hemos podido encontrar restos de hombres de 10400 años. Esto es muy lógico porque Alaska estaba entonces cubierta de hielo. El hombre no entró por Alaska: atravesó el Estrecho de Behring y siguió a lo largo de la costa. Sus huellas están ahora a 50 metros bajo el nivel del mar. Luego se dirigió tierra adentro, aproximadamente a la altura del Estado de Washington, y siguió hacia el sur hasta el extremo meridional de Sudamérica. La última fecha

precisada corresponde a los más altos niveles de los Andes peruanos y es de 10 400 años.

UNA ZAPATERIA PREHISTORICA

Para comprobar la exactitud de nuestro método hemos efectuado mediciones en relación con diversas culturas que los arqueólogos quizá no hayan sido capaces de fechar exactamente, pero en las que han podido reconocer ciertas características culturales de determinados períodos. Podría mencionar uno o dos casos. El hombre de hace 10 400 años era en ciertos aspectos una persona muy exigente. Medía seis pies, usaba vestidos como nosotros y pobló, como ya he indicado, los tres continentes americanos en el espacio de tiempo que abarca el error del radiocarbono - es decir, en un par de siglos. Tuvimos suerte al encontrar en el este de Oregón un yacimiento de los más notable. Hace 15 ó 20 años se estaba construyendo allí una carretera. En aquella zona se encuentran muchos volcanes y un arqueólogo de la Universidad de Oregón, el Dr. Cressman, aconsejó al capataz del equipo de trabajadores que estuviera muy atento - sabía que iban a hacer un profundo corte en un depósito de piedra pómez de Mont Newbury. El capataz siguió el consejo, y llamó al Dr. Cressman para decirle que había encontrado algo. Y en una cueva, que al parecer había quedado cubierta accidentalmente de piedra pómez - como la piedra pómez que ha conservado Pompeya - se encontró una colección de sandalias tejidas con gran arte cuya antigüedad pudimos fijar en más de 9 000 años. Parece que en este país las sandalias de este tipo son corrientes: hemos logrado reunir algunas provenientes de otros lugares y el año pasado fechamos una en 8 500 años. Eran los zapatos que usaban nuestros antecesores prehistóricos. En aquella cueva hallada por el Dr. Cressman y los trabajadores del equipo que construía la carretera había 300 pares de zapatos en pilas perfectamente ordenadas. ¡Una verdadera zapatería! Y ahora verán Vds. la suerte que hemos tenido en nuestras investigaciones. Cuando se descubrió la cueva no se había inventado aún el método del radiocarbono y el Dr. Cressman comenzó a barnizar las sandalias. Pero se le acabó la cola. Barnizadas, las sandalias hubieran sido inadecuadas para las aplicaciones del método del radiocarbono, pero le quedaron seis pares sin barnizar, y fueron los que utilizamos para nuestras mediciones.

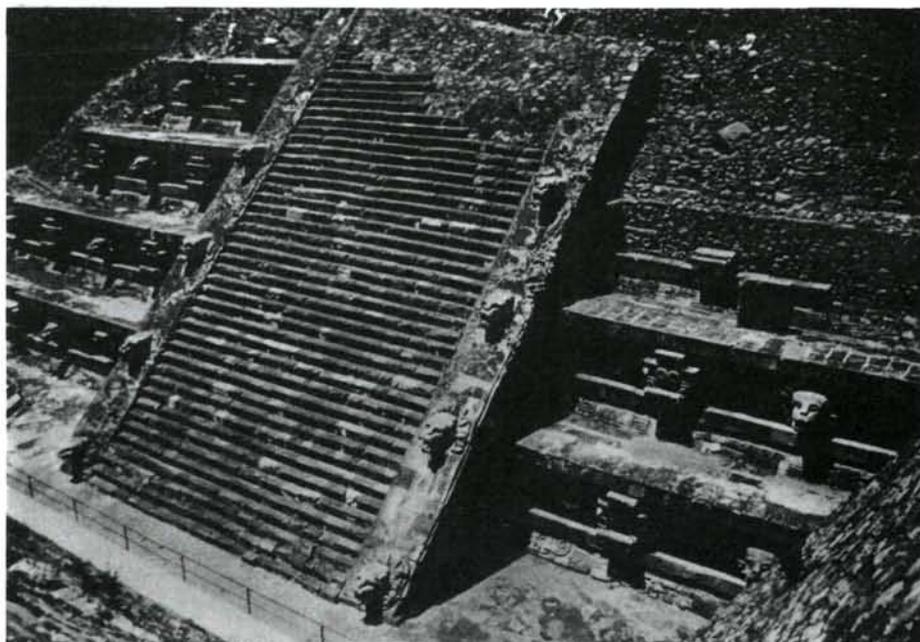
¿HASTA QUE PUNTO SON EXACTAS LAS FECHAS ?

Así, nos encontramos en todas partes con el hombre prehistórico. Hace pocos años lo encontramos en la isla de Santa Rosa. ¿Por qué no escribió siendo tan hábil? Las cuevas de Lascaux, en el centro de Francia, corresponden a una civilización vieja de 15 000 años; es decir, 5 000 años antes de la llegada de nuestro hombre de 10 400 años se pintaban ya obras maravillosas. Es difícil imaginar que aquellos hombres fuesen poco inteligentes. A mí no me cabe la menor duda de que eran tan inteligentes como nosotros. A lo mejor escribieron, y no lo hemos encontrado. Pero en todo caso, nos han dejado estas obras notables. Poseemos del período paleolítico muchos monumentos cuya edad y cuyos orígenes son desconocidos - incluso en Egipto. En Egipto hemos trabajado con materiales anteriores

a la primera dinastía, retrocediendo hasta 6500 años casi sin solución de continuidad. La Dra. Caton Thompson de la Universidad de Cambridge nos dio algunas muestras muy interesantes de grano egipcio antiguo encontrado en silos situados en las colinas que rodean el valle del Nilo. Habían sido llenados casi 1500 años antes de la primera dinastía, y cuando la Dra. Thompson llegó allí, hace unos 50 años, todavía contenían grano. Eran agujeros excavados en la cumbre de las colinas, revestidos de paja y que se cubrían una vez depositado el grano. Pudimos determinar la edad de las muestras.

En Inglaterra hay una línea prácticamente ininterrumpida de restos que llega hasta el hombre de los 10400 años; algunos son realmente muy notables, por ejemplo, los que se encuentran en Star Carr, lugar excavado por el Profesor Graham Clarke de Cambridge. Trabajos notables de casi 8000 años de edad. Incluso para los períodos históricos sucede en muchos lugares lo mismo que en las Américas donde aparte de lo que dejaron los mayas no existe ninguna documentación escrita. Esto limita nuestra información a los datos más materiales, y para obtenerlos casi lo único de que disponemos para muchas partes de América es el radiocarbono. Sus resultados coinciden razonablemente bien con los datos sociológicos que nos facilitan los recipientes de arcilla y otros utensilios similares. Pero estamos reconstruyendo la historia de las Américas. Lo que quiero decir es que, incluso para el período de los 4000 últimos años el radiocarbono tiene

Pirámide de Teotihuacán, México (Fotografía: Instituto Nacional de Antropología e Historia, México).



muchas aplicaciones en diversas partes del mundo y en los periodos prehistóricos; en el fondo es lo único que tenemos para fijar fechas de una manera absoluta.

La cuestión de las fechas absolutas es un problema difícil. No es posible decir sin reserva alguna que las fechas encontradas con radiocarbono son correctas. Creo que se puede afirmar que para los 3700 últimos años el margen máximo de error es del 1 al 2 por ciento. Para los periodos prehistóricos no tenemos más remedio que esperar que se encuentre algún modo auxiliar de comprobación que nos permita saber hasta qué punto las variaciones del campo magnético solar han sido importantes. Tenemos ya un número considerable de pruebas, ya que las fechas de las primeras dinastías de Egipto concuerdan bastante bien. Las de la primera difieren algo de las fechas históricas, pero la diferencia queda quizá explicada por la hipótesis del Dr. Suess. Este dice - e insiste en que sólo se trata de una conjetura, porque está extrapolando - "que si se produjera un periodo verdaderamente frío, daría lugar a un periodo glacial y las fechas obtenidas con radiocarbono serían distintas de las reales, por lo que habría que introducir una corrección que, a los 11000 años, podría ser incluso de 2000". Esta sería la mayor de las catástrofes que en este momento podemos imaginar en lo que respecta al empleo del radiocarbono. Para los 4000 últimos años el error sólo es probablemente de un par de siglos. Para los 2000 últimos años las mediciones son sin duda exactas.

En las mediciones hay más incógnitas que las que radican en el error de recuento - hay problemas como el de los anillos anuales de la madera. Un trozo de madera tiene varios anillos y cada año contiene radiocarbono de edad distinta. Hay que tener mucho cuidado para saber cuántos anillos hay y si la madera procede del interior o del exterior del tronco. En las casas antiguas inglesas, por ejemplo, hay pruebas bastante evidentes de que ciertas maderas se han vuelto a usar. En la pirámide de Teotihuacán, cerca de Ciudad de México, tenemos pruebas positivas de que la madera empleada en las estructuras centrales tenía ya varios siglos de vida cuando se construyó la pirámide. Estas cosas se deben tener en cuenta. Precisamente a causa de ello estamos ahora investigando de nuevo las doce primeras dinastías de Egipto con ayuda del British Museum. Todas las tumbas más antiguas de Egipto fueron saqueadas y, por tanto, es muy difícil decidir hasta qué punto es auténtico el material que no está inamoviblemente fijado. Hace poco hemos encontrado un procedimiento para extraer la proteína de los huesos y determinar su fecha. Lo aplicaremos a las momias porque creemos que no es probable que un ladrón de tumbas robe huesos y los sustituya con otros.