

DETERMINACION DE LA EDAD POR MEDIO DEL C14

por W. Waldren

El procedimiento de la determinación de la edad por medio del C14, —análisis por C14—, ha contribuído grandemente al conocimiento que tenemos del tiempo pasado. Su empleo se ha generalizado habiendo alcanzado un alto grado de precisión en muestras de edad conocida, demostrando ser un excelente método de determinación cronológica.

Como todas las técnicas nuevas, ha recibido de ciertos cronólogos críticas adversas cuando los datos del C14 no coincidían con las presuntas cronologías previas. Pero los físicos, desde los primeros hallazgos de Williard Libbys, han trabajado mucho en la corrección de los errores iniciales del método. Desde 1960 ha experimentado un desarrollo y perfeccionamiento considerables debido a hombres como de Vries, Oakley, Stuiver, Suess y otros.

Además, las disciplinas generales de los extensos programas de investigación, el perfeccionamiento de los equipos, las mayores facilidades dadas, el aumento del número de laboratorios y de técnicos, el empleo de sistemas de computadores y la acumulación de resultados han contribuído grandemente a valorar el método. Gran parte del esfuerzo por el perfeccionamiento del sistema se ha centrado en el conocimiento y en la eliminación de la contaminación, tanto en el campo como en el laboratorio. Recuérdense unas sencillas nociones sobre los últimos hallazgos a este respecto.

Parte de la controversia en la determinación de la edad por el C14 se debe al concepto profano que se tiene respecto de los resultados generales del método, a los perfeccionamientos recientes, a la comprensión de los problemas de la contaminación, a su precisión y a su importancia. Para los menos informados y deseosos de seguir de cerca los últimos adelantos, aparte de las publicaciones técnicas, «Nuclear Clocks», publicada por la División de Información Técnica de la Comisión Atómica de los Estados Unidos da un resumen completo de los resultados o niveles admitidos. El sistema se

ilustra mejor con la figura de un reloj nuclear de sistema cerrado, con la forma de un reloj de arena. En tal sistema no se añadiría ni aumentaría nada.

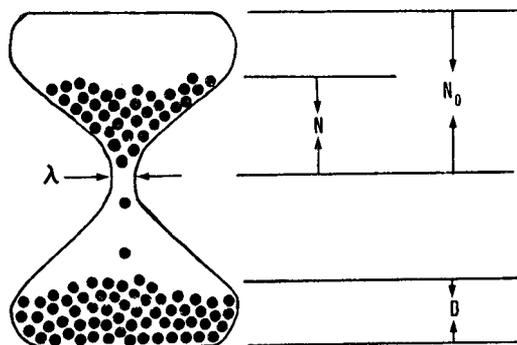


FIG.1.

El decrecimiento, mengua o disminución del C14, se explica mejor con un reloj de arena destapado en el que el C14 está siendo generado en la parte superior de la atmósfera a partir de los átomos de Nitrógeno 14 bombardeados por neutrones procedentes de los rayos cósmicos.

Como se sabe, el C14 se generó continuamente y en la misma proporción por lo menos durante 50.000 años antes de que explotara la primera bomba atómica. Resumiendo, el ciclo del C14 es como un reloj de arena en el que la arena se acumula en la parte superior a la misma velocidad que sale. El proceso en el cual la producción es igual al decrecimiento, mengua o disminución, se llama «Equilibrio secular».

El C14 formado nuevamente, es oxidado a dióxido de carbono, y se mezcla con el mismo compuesto en el aire, y luego es absorbido por los vegetales vivos de donde pasa eventualmente a los animales. Al morir cualesquiera de esos organismos vivos la formación del C14 cesa y no es reemplazado. La radiactividad del C14 en los organismos vivos decrece, pues, en grado constante. Esta es entonces la comparación del reloj de arena. Inicia la medida del tiempo al igual que se consigue con el reloj.

La velocidad de desintegración del C14 en la materia orgánica muerta es de 5.800 años, para llegar a la vida media. El uso en asignar a la vida

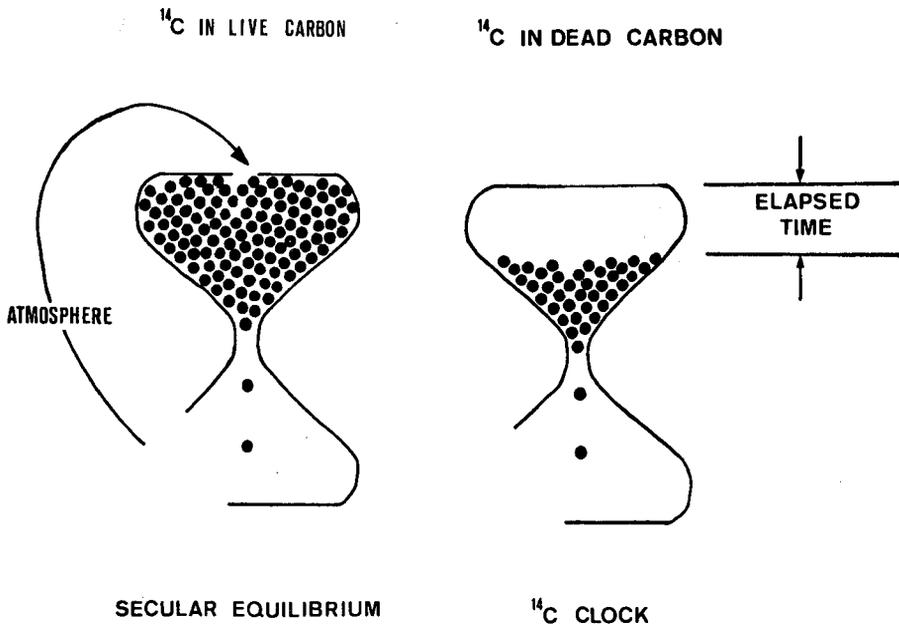


FIG. 2.

FIG. 3.

media del C14 el valor de 5.568 años fue corrientemente empleado en los primeros tiempos de ese método. Con el fin de continuar con los trabajos iniciados, se sigue todavía usando arbitrariamente aquel número. Las estadísticas exactas de la vida media se acercan más al valor de 5.800 años.

Esto indicaría que en lo sucesivo, a los datos del radiocarbono, hay que asignar 250 años más a los 5.568 años atribuidos a su vida media.

Los mejores materiales para fechar o datar son carbón vegetal, madera, conchas, carbonato y hueso. El peso de las muestras es importante para la precisión y la disminución de los errores estadísticos (factores en más y en menos).

Las lecturas de errores estadísticos en más o en menos dependen mucho de la precisión de los aparatos. Algunos están contruidos para examinar muestras pequeñas y otros no lo están.

Si se analizan pequeñas cantidades de muestra en un aparato de no mucha precisión se producen grandes errores estadísticos. Para obtener márgenes de error inferiores tendrán que analizarse cantidades mayores.

Un ejemplo de pesos de muestras para una mayor exactitud y unos errores estadísticos más bajos es como sigue:

Carbón vegetal	8-10 gramos
Madera	15-20 gramos
Conchas	40-50 gramos
Carbonato	40-50 gramos
Hueso	400 gramos como mínimo

La causa de los grandes errores estadísticos en los datos obtenidos en los análisis por el C14 en muestras de hueso de Muleta (Mallorca) cuyo peso era de 39 grs. una, y 86 grs. la otra, fue debida a los pesos de las muestras analizadas en Karman Nuclear. El Dr. Willard Libby recomendó al Dr. Kay Carver que realizara posteriores análisis en materiales óseos de mayor peso. Entonces se procedió con masas de 500 grs. Los errores estadísticos fueron inferiores: 85 años y 109 años.

Las recientes investigaciones han enseñado que los análisis de los huesos por el C14 dan fechas hasta un 10% más recientes que los verificados en el carbón vegetal. Será conveniente hacer futuros reajustes en las dataciones obtenidas en las muestras de huesos. Así, por ejemplo, los análisis verificados en hueso, —tanto de *Myotragus* como de Hombre—, de Muleta, que corrientemente dan como datos: KN- 640-3 da 5.184 años A.C. más o menos 80 años, puede que estén más cerca de 5.700 años A.C., o KN-640-3 da 3.948 años A.C., más o menos 109 años para restos humanos asociados con *Myotragus balearicus* pueden considerarse más aproximados a 4.400 años A.C.

Se ha descubierto que la tendencia del hueso a aparecer como más reciente en los análisis por el C14 se debe a su porosidad, a su facilidad de absorción de la humedad, a la filtración del agua del terreno, y a la penetración de las raíces portadoras de nuevo C14 procedente de los alrededores. Si el Laboratorio conociera la forma de contaminación, estos errores podrían ser eliminados. Por eso es tan necesario el conocimiento de todos los datos que les acompañan: humedad, aire, calor, largo tiempo de exposición en los museos, etc.

Este tipo de contaminación natural es a veces inevitable, y depende tanto de la naturaleza del depósito como de la naturaleza de la matriz. Frecuentemente el investigador carece de control sobre estas condiciones; pero no pueden ser ellas ni los efectos que producen, ignorados.

Sin embargo estos factores únicamente hacen aparecer como más recientes los datos del análisis de huesos por el método del C14. El reajuste de fechas no debe considerarse superior a un 10%. Las cuevas u otras condiciones de los depósitos pueden hacer que este reajuste llegue a ser de sólo 1%.

Por ejemplo, las recientes investigaciones en Muleta han mostrado que en su ambiente interior la variación máxima de la temperatura en el año entero no ha sido más que de 1/2 grado, y eso por espacio de ocho años seguidos.

Las investigaciones y observaciones hechas por Yale bajo mi dirección y en colaboración con el Dr. John Ostrom, geólogo y paleontólogo, el Dr. Karl Turekian, bioquímico, el Dr. Syd Clark geofísico y el Dr. Jeffrey Bada del Scripps Institute, de la Universidad de California han constatado personalmente la duración de las condiciones de temperatura constante y extraordinaria sequedad de Muleta. Estas condiciones han tenido que durar por un período que alcanza hasta la Glaciación del Würm. El interés de la Universidad de Yale por lo de Muleta se centra en el estudio de la edad de los huesos de la cueva por el nuevo procedimiento de la Racemización de los Aminoácidos en los huesos fósiles. El factor temperatura es de una importancia esencial en este procedimiento de datación como vamos a ver inmediatamente.

Las condiciones tanto de temperatura como de humedad pueden afectar a las muestras que se analizan por el procedimiento del C14. Esto está todavía por determinar, sin embargo tienen un valor intrínseco en la determinación de la edad de los huesos por la Racemización de los Aminoácidos. Los factores de temperatura deben de ser constantes. La mayor parte de las condiciones térmicas de las cuevas son temperaturas fósiles. Estas cuevas son los recipientes ideales tanto para semejantes temperaturas como para almacenamiento de los materiales.

Los que se han dedicado durante cierto tiempo al estudio del interior de las cuevas conocen bien los factores constantes que las caracterizan. El extenso acopio de datos geológicos obtenidos ha demostrado la importancia

del estudio de las condiciones de las cuevas. El hombre más primitivo las utilizó como hogares, almacenes, campamentos transitorios. Los animales las han usado con los mismos fines, para abrigo contra los elementos..., y para su propia sepultura.

Estas condiciones ideales que presenta la cueva de Muleta han alentado un detallado programa de investigaciones orientado hacia la datación e interpretación de todos los estratos de la cueva, cuyos resultados se compararán con los obtenidos por el C14 y los que se logren por el procedimiento de la Racemización de los aminoácidos en los huesos, el nuevo método empleado con los residuos de la proteína orgánica original del hueso. El programa de análisis comprende 30 tests de niveles y áreas de Muleta.

Como instrumento de datación o de obtención de fechas presenta grandes perspectivas. El margen de error es de tan sólo un 1%, en condiciones ideales de temperatura en el entorno. Las temperaturas constantes se encuentran más fácilmente en cuevas y lugares subterráneos.

La ciencia de las excavaciones nunca fue sencilla. En el mejor de los casos no es más que destrucción... pero sistematizada. Algunas mentalidades críticas podrían calificar de destrucción el empleo de los materiales para los análisis. No es así. Los resultados obtenidos en el estudio ambiental total y en la investigación interdisciplinaria justifican ampliamente esta destrucción. Además, se puede afirmar, que un 99% de los materiales empleados para los análisis son los que van a parar en la escombrera de las excavaciones. Los fragmentos empleados para proporcionar el inventario de datos científicos son mínimos en comparación del material total de la cueva.

Inventario de Materiales para Analizar

	Número de análisis	Peso	Materiales	Procedimiento
1.	1	39,6 grs.	Hueso humano	C14
2.	1	86 »	Hueso de <i>Myotragus</i>	C14
3.	1	500 »	Hueso humano	C14
4.	1	500 »	Hueso de <i>Myotragus</i>	C14
5.	1	500 »	Cabra doméstica	C14
6.	12	1000 »	Hueso de <i>Myotragus</i>	C14

	Número de análisis	Peso		Materiales	Procedimiento
7.	11	500	grs.	Hueso de <i>Myotragus</i>	C14
8.	30	10	»	Hueso de <i>Myotragus</i>	Racemización Aminoácidos
9.	21	50	»	Conchas de Moluscos	C14
10.	21	500	»	Tierra	Palinológico
11.	21	50	»	Tierra	Químico
12.	3	50	»	Tierra	Campo Magnético
13.	3	2700	»	Núcleo de Estalagmita	C14
14.	1	201		Toneladas Tierra	Sedimentos y extracción de la Microfauna

Al propio tiempo se han emprendido en Muleta trabajos de lavajes y tamizados mediante la separación hidráulica de la tierra a través de siete tamices de malla diferente de más del 90% del contenido de la cueva. La finalidad es doble: 1.^a Investigación estadística de los tamaños de las piedras y arenas contenidas en la cueva y sus condiciones de sedimentación. 2.^a La recuperación de la microfauna del yacimiento.

No todos los yacimientos de cuevas se prestan a un estudio ambiental total o a un estudio de investigación cronológica. Muleta es una excepción y constituye un depósito excelente para la correlación de las técnicas modernas de datación con respecto a la interpretación estratigráfica de los acontecimientos prehistóricos.

Aparte de los estudios de muestras y otras mediciones estadísticas se están aplicando nueve importantes métodos cronológicos sobre materiales de Muleta. El inventario del programa de dataciones es el siguiente:

1. 11 análisis, nivel por nivel, sector por sector, por el C14, por Institución Smithsonian, Museo de los Estados Unidos, Washington, D.C. Drs. Clayton E. Ray y Robert Stuckenrath.

2. 12 análisis, nivel por nivel, sector por sector, por el C14, Institución Oceanográfica Scripps, Universidad de California en Jolla, San Diego, California, Drs. Jeffrey L. Bada y Rainer Berger.

3. 30 análisis, nivel por nivel, sector por sector, Racemización de

Aminoácidos en hueso de *Myotragus*, Universidad de Yale e Institución Scripps, Universidad de California en Jolla, San Diego, California, Drs. Jeffrey L. Bada, John Ostrom, Karl K. Turekian y Syd Clark.

4. 3 análisis, datación por C14 de un núcleo de Estalagmita de Muleta, Centro de Investigación del Cuaternario, Universidad de Washington en Seattle, Seattle, Washington, Dr. Minze Stuiver.

5. 21 análisis del contenido de Polen, nivel por nivel, sector por sector de Muleta. Universidad de Helsinki, Finlandia, Drs. Bjorn Kurten y C. Donner.

6. 21 análisis, nivel por nivel, sector por sector, de los Materiales Pesados, Centro de Investigación del Cuaternario, Universidad de Washington en Seattle, Seattle, Washington, Universidad de Yale, New Haven, Connecticut, Dr. Karl K. Turekian.

7. 6 análisis, por niveles y sectores, análisis del Carbonato Cálcico y de la Arcilla Foliácea, Universidad de Yale, New Haven, Connecticut, Dr. Karl K. Turekian.

8. 21 análisis, nivel por nivel y sector por sector, análisis Isotópicos de conchas de Moluscos de Muleta, Centro de Investigación del Cuaternario, Universidad de Washington en Seattle, Seattle, Washington. Dr. Minze Stuiver.

9. 4 análisis, niveles de Muleta por mediciones del Campo Magnético, Universidad de Yale, New Haven, Connecticut, Drs. John H. Ostrom y Karl K. Turekian.

Para una mejor comprensión de los efectos de la contaminación por el nuevo C14 se publica la figura n.º 4.

La abscisa representa la edad verdadera de la muestra. La ordenada, la edad aparente o edad proporcionada cuando la muestra está contaminada con el 1% o 5%, por nuevo C14. El error relativo que resulta por contaminación por nuevo C14 de una muestra es directamente proporcional a la cantidad de contaminación y a la edad de la muestra. Por ejemplo: Si la edad verdadera de una muestra es de 30.000 años, la contaminación por nuevo C14 de una muestra por filtración de agua o por raíces de plantas, dará una fecha que será inferior en 9%. En vez de una edad de 30.000 años tendríamos la de 26.000 años. En una contaminación de 5% tendríamos,

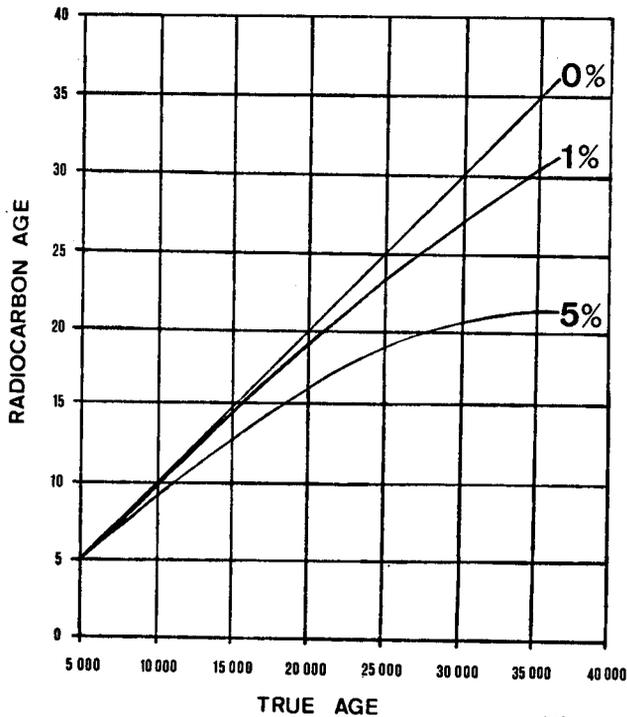


FIG. 4.

por C14, fechas que serían alrededor de un 30% inferiores. La verdadera edad de la muestra de 30.000 años sería dada por el procedimiento del C14 como solamente de unos 20.000 años.

Podría ocurrir que carbón vegetal más viejo fuera contaminado por otro más joven situado en nivel superior si al recogerlo se emplearan técnicas deficientes. Es raro tener huesos contaminados que no lo hayan sido o por exposición a nuevo C14 o por filtración de agua o por el aire. Sin embargo se deberían de tener en cuenta las condiciones que harían posible el aumento del Carbono en el proceso de desintegración del C14. El caso no es adecuado en la exposición del nuevo C14 en el que los depósitos de huesos aparecen más recientes. No tiene fundamento admitir a priori la contaminación.

Otra contaminación la producen los recubrimientos de tipo sedimentario que envuelven las muestras, y se deben de tener en cuenta. El empaque-

tar en papel, madera, algodón u otra substancia orgánica es también exponer la muestra en peligro de contaminación. Las muestras están en debidas condiciones cuando se las coloca en bolsas de plástico y luego en envases de cristal herméticamente cerradas. Deben expedirse para análisis tan pronto como se hayan extraído. Los huesos no deben de lavarse ni cubrirse con barniz u otros productos químicos. Todos los recipientes deben de estar limpios y libres de toda materia química u orgánica. Sin embargo, si se sospecha la contaminación o si es inevitable, como en el caso de las muestras de museos expuestas al aire durante mucho tiempo, deben de comunicarse esos datos a los miembros del laboratorio. En la mayor parte de los casos, en los laboratorios modernos, si esas contaminaciones se conocen, pueden corregirse los errores. Las muestras considerablemente contaminadas dan resultados erróneos en el procedimiento de medición y son, por lo tanto, inútiles los datos que se obtienen. En vista de que los análisis de las muestras cuestan alrededor de unas 14.000 pesetas cada uno, parece ridículo someter a análisis muestras contaminadas. Estas son las técnicas que el autor ha aprendido, gracias a las facilidades habidas y a poder trabajar con los más renombrados especialistas del C14 en los Estados Unidos durante los últimos siete años.

Actualmente tenemos, para consideración y estudio, más de 32 análisis o dataciones por el C14. Esta investigación cronológica comprende varias fases de la prehistoria de la Isla de Mallorca y se refieren tanto a los Períodos Culturales como a la interpretación de los acontecimientos Antropoleontológicos.

El caso más característico del empleo del C14 para las dataciones de los elementos de un yacimiento de una cueva, quizás sea el que ha proporcionado los resultados obtenidos en la cueva de Muleta. Damos seguidamente una lista de dataciones, con el número de referencia del inventario del Laboratorio, sector, nivel y procedencia de las muestras examinadas.

Cueva de Muleta

	Sector	Nivel	Número de Inventario	Fecha
1.	III Sector	15 cms.	SI- 652	815 A.C.
	Material: Carbón vegetal en asociación con Cerámica Talayótica.			
2.	Sector O	75 cms.	Y- 2359	1.960 A.C.
	Material: Carbón vegetal en asociación con Cerámica Pretalayótica.			

Sector	Nivel	Número de Inventario	Fecha
3. Sector O	150 cms.	KN-640-3b.	3.984 A.C.
Material: Hueso humano asociado con huesos de <i>Myotragus</i> .			
4. Sector O	175 cms.	KN-640-3a.	5.184 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> .			
5. Sector Z	350 cms.	SI- 645	12.515 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> .			
6. Sector D	250 cms.	SI- 646	13.905 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> .			
7. Sector X	300 cms.	SI- 648	14.385 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> .			
8. Sector F	300 cms.	SI- 649	16.150 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> .			
9. Sector X	350 cms.	SI- 650	16.785 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> .			
10. Sector E	400 cms.	SI- 647	21.930 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> .			
11. Sector Z	450 cms.	SC- RAA 1.	32.000 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> por Racemización de Aminoácidos.			
12. Sector Z	650 cms.	SC- RAA 2.	105.000 A.C.
Material: Hueso de <i>Myotragus</i> por Racemización de Aminoácidos.			

Es especialmente interesante notar la sucesión cronológica en que aparecen los datos en los centímetros de profundidad con la situación de las muestras en los sectores. Para una mejor comprensión de lo antedicho se incluyen los diagramas A y B, figs. 5 y 6, mostrando la localización de las muestras analizadas en un corte del yacimiento, y el plano de los sectores de la cueva.

Bajo el aspecto cronológico cultural, el empleo de las dataciones por el C14 está mejor ilustrado en las investigaciones llevadas a cabo en carbón vegetal procedente de niveles relacionados con «Cerámica Campaniforme»,

DIRECTION OF CHIMNEY DEPOSIT FEED

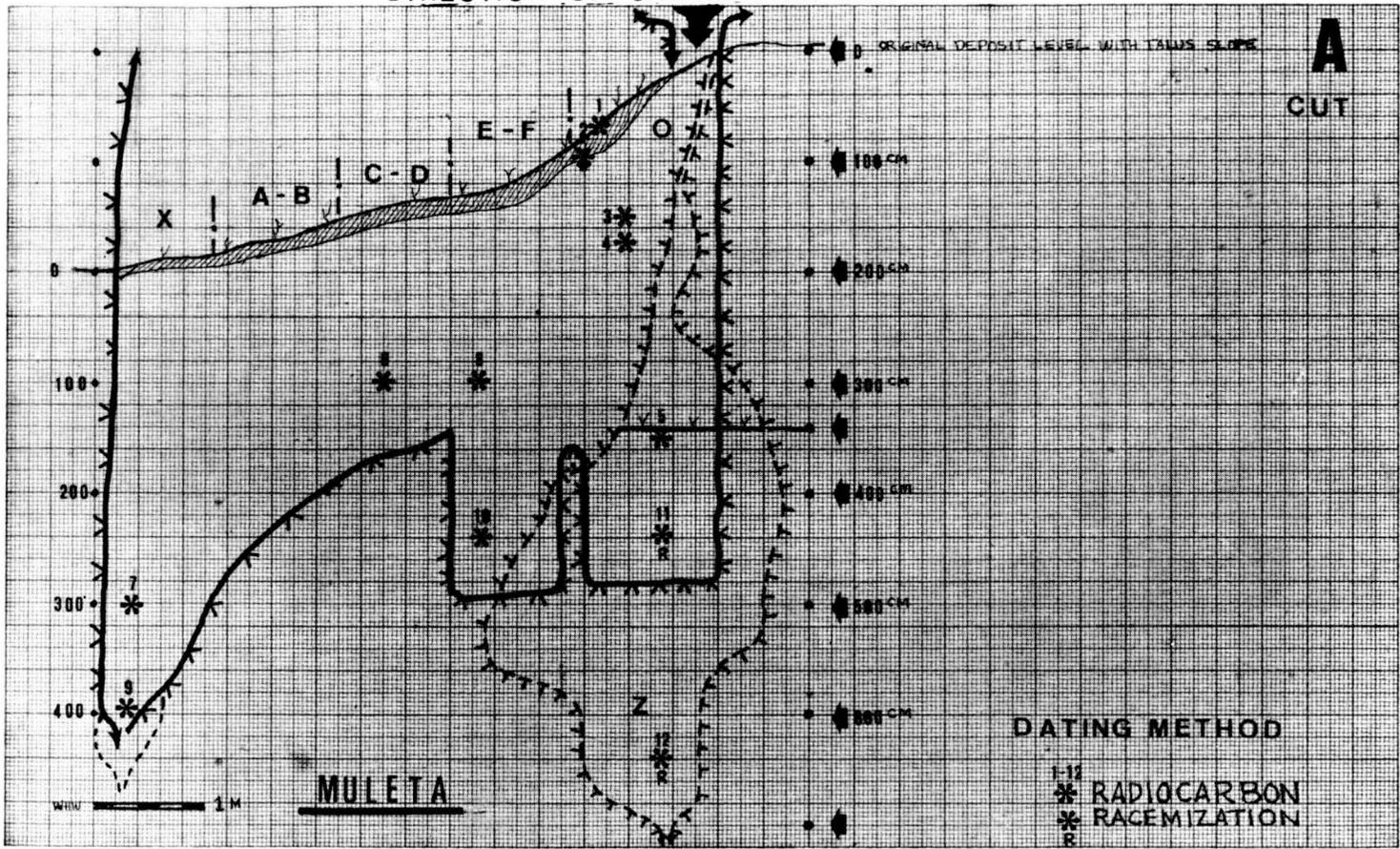


Diagrama A, Fig. 5

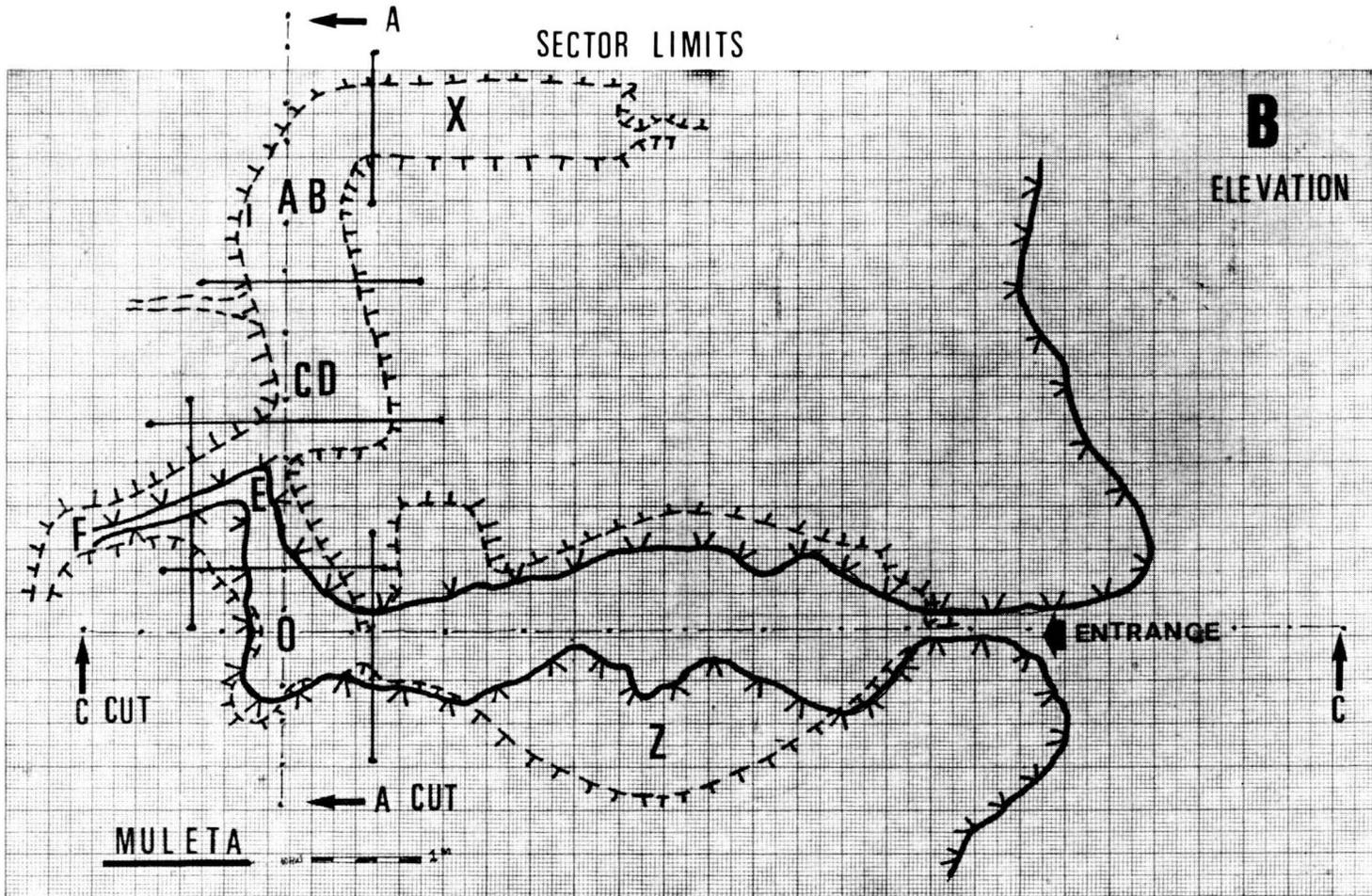


Diagrama B, Fig. B

«Beaker Wear» en Mallorca. Los resultados de estas investigaciones representan cinco lugares arqueológicos en la Isla. Aquí podemos observar la aplicación de los métodos como instrumento para relacionar estrechamente los subsiguientes períodos o fases de la prehistoria de Mallorca. Las fechas que proporcionan corresponden a las dataciones obtenidas por el C14 en cualquier parte de Europa.

Estaciones:

Cueva de Muleta Abrigo de Son Matja, Abrigo de Muertos, Gallard, Estación de Son Cotxera, Cueva de Son Marroig.

- | | | |
|---------------------------------------|--|-----------------|
| 1. Cueva de Muleta | | |
| Cerámica Campaniforme- Cerámica lisa | | 1960 A.C. Y2359 |
| 2. Abrigo de Son Matja | | |
| Cerámica Campaniforme- Incisa | | 1870 A.C. Y2682 |
| 3. Abrigo Muertos Gallard | | |
| Cerámica Campaniforme- Incisa | | 1840 A.C. Y1859 |
| 4. Estación de Son Cotxera | | |
| Cerámica Campaniforme- Incisa | | 1800 A.C. I5515 |
| 5. Cueva de Son Marroig | | |
| Cerámica Campaniforme- Incisa, tardía | | 1520 A.C. Y1836 |

Pueden verse los ejemplos tercero y cuarto en las fechas de los períodos Talayótico y Postalayótico procedentes de monumentos y cuevas con cerámica de ambos períodos. Estos son:

- | | | |
|---------------------------------------|--|------------------|
| 1. Son Servera- Pula | | |
| Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos | | 1310 A.C. UP1438 |
| 2. Abrigo Son Matja | | |
| Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos | | 1250 A.C. Y2667 |
| 3. Son Real-Figueral | | |
| Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos | | 1050 A.C. Y1857 |

4.	Son Real-Figueral		
	Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos	1010 A.C.	Y1856
5.	S'Illot		
	Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos	1050 A.C.	???
6.	S'Illot		
	Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos	850 A.C.	???
7.	Cueva de Muleta		
	Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos	815 A.C.	S1652
8.	Son Oms		
	Carbón vegetal y Cerámica Talayóticos	580 A.C.	Y2666
9.	Illa dels Porros		
	Carbón vegetal Postalayótico	480 A.C.	I ???
10.	Abrigo Muertos Gallard		
	Carbón vegetal y Cerámica Postalayóticos	280 A.C.	Y1859
11.	Abrigo Son Matja		
	Carbón vegetal y Cerámica Postalayóticos	280 A.C.	YMSL-1
12.	Abrigo Son Matja		
	Carbón vegetal y Cerámica Postalayóticos	250 A.C.	YMSL-1

Estas dataciones documentan un período de prehistoria de unos 1.000 años, en doce intervalos, con una variedad de sitios diferentes con materiales análogos. En todos los casos constituyen una estimación general aproximada de cronología relativa y de evidencia de una cerámica del mismo tipo.

El quinto ejemplo, en nuestro bosquejo para una cronología en la prehistoria de Mallorca basada en las dataciones por el C14, se ha realizado en huesos humanos y en carbón vegetal hallado en dos sitios diferentes. El nivel y los contenidos están estrechamente relacionados con el extinto mamífero de mayor tamaño encontrado en la Isla, *Myotragus balearicus*. Los dos sitios o yacimientos son: la Cueva de Muleta y el Abrigo de Son Matja. Las muestras de Muleta eran huesos humanos en asociación con *Myotragus balearicus*. Las de Son Matja eran carbón vegetal de un nivel de fuego exactamente encima de un nivel de huesos de *Myotragus* y otros animales do-

mésticos en una estratigrafía cultural poco frecuente de unos 30 niveles. Las muestras de carbón vegetal escogido procedían de fuego hecho por el hombre. Las dataciones son:

1. Cueva de Muleta, Hueso humano asociado con *Myotragus* 3.984 A.C. KN 640-3a.
2. Abrigo de Son Matja, Carbón vegetal en un nivel superior a *Myotragus* y huesos de animales domésticos procedentes de comidas 3.000 A.C. I-5.516.

Indican los lugares de habitación más antiguos del Hombre en las Islas hacia el Cuarto Milenio. Es interesante la poca diferencia entre las fechas que es de 184 años, y su proximidad con *Myotragus*, la fauna más antigua en las Islas Baleares. En el caso del nivel inferior de Son Matja, que contiene huesos de *Myotragus* mezclados con los de animales domésticos, varios huesos de *Myotragus* muestran signos de haber sido empleados como comida. Una de las astas lleva señales de herramienta cortante. Parecidas señales de herramienta en astas fueron notadas por vez primera por Guillermo Piedrabuena Florit, en 1962, en la Isla de Menorca. Se vio que las astas estaban en asociación con cerámica de forma primitiva. Desgraciadamente no hay materiales fechables entre los ejemplares encontrados por Guillermo Piedrabuena Florit, pero indican la primitiva asociación del hombre con *Myotragus* cuya extinción puede haber sido directa o indirectamente la causa de una relación simbiótica en alguna parte en el Cuarto Milenio.

Como acaba de exponerse, los resultados del empleo del C14 y su discusión, lo presentan como un instrumento de determinación de la edad de numerosos yacimientos. Lo mismo sirven para la interpretación de un determinado sitio como para establecer relaciones entre varios. Además permiten correlacionar una datación cultural con los contextos antropológicos.

Este tipo de documentación está sujeto a muchas controversias, y la adversa crítica aparece si se usa el método de una manera extensiva como forma totalmente válida para la interpretación de los hechos prehistóricos. No obstante, en casi todos los casos concuerda con los métodos tipológicos más clásicos en cronología, al mismo tiempo que proporciona elementos de juicio aceptables en las ocurrencias antro-paleontológicas de los depósitos de cueva que se han acumulado de una manera natural.

Con la interpretación de un solo lugar la labor no queda completada. El próximo año se llevarán a cabo doce dataciones más por radio-carbono sobre huesos de *Myotragus* procedentes de niveles y áreas de Muleta, no incluidos en este trabajo, y en el futuro confiamos en obtener treinta dataciones mediante el nuevo método de racemización de los aminoácidos con la formación calcárea de núcleo de estalagmita de Muleta. Estas dataciones serán realizadas por un grupo de la Universidad de Yale y del Instituto Scripps de la Universidad de California, en colaboración con el autor.

La serie obtenida servirá para rellenar algunas lagunas existentes en el sector estudiado y como patrón regulador para la técnica del análisis por racemización.

Así pues ambos métodos serán empleados para correlacionarlos y mejor comprenderlos.

El propósito de este trabajo es ofrecer la información que contiene como una modesta contribución a la Sociedad de Historia Natural de Baleares y a la Ciencia Española. Al mismo tiempo constituye una aportación a la cooperación Hispano-Americana que se está llevando a cabo en el campo de las Ciencias Naturales.

Debo expresar también mi agradecimiento a todos cuantos me han ofrecido su ayuda y colaboración en este trabajo, entre ellos: The Smithsonian Institution, Museo Nacional de los Estados Unidos, Washington, D. C.; Universidad de Yale, New Haven, Connecticut; Scripps Institution of Oceanography, Universidad de California en Jolla, San Diego, California; Quaternary Research Center, Universidad de Washington en Seattle, Seattle, Washington; Universidad de Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania.