

# APLICACIÓN CONTRASTADA DE TÉCNICAS DE DATACIÓN ABSOLUTA AL YACIMIENTO «CUEVA DEL TENDAL», ISLA DE LA PALMA (ISLAS CANARIAS)

Vicente Soler Javaloyes\*, Juan Francisco Navarro Mederos\*\*, Ernesto Martín Rodríguez\*\*\* y Julio A. Castro Almazán\*

## RESUMEN

Con la intención de contrastar los resultados de diferentes técnicas geocronológicas, realizamos 7 determinaciones de termoluminiscencia (TL) y 4 de radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) sobre diversos niveles estratigráficos del yacimiento del Tendal en la isla de La Palma. Los resultados obtenidos con ambas técnicas concuerdan aceptablemente y sólo encontramos ciertas diferencias en los niveles basales del yacimiento.

La posible solución de esta discrepancia cabe buscarla, en futuras excavaciones, en la realización de una dosimetría de radiación gamma precisa para las edades TL, y en la búsqueda de sistemas cerrados, como por ejemplo otolitos de peces, para les edades  $^{14}\text{C}$ .

**PALABRAS CLAVE:** geocronología, termoluminiscencia,  $^{14}\text{C}$ , arqueología, Islas Canarias, isla de La Palma, Cueva del Tendal.

## ABSTRACT

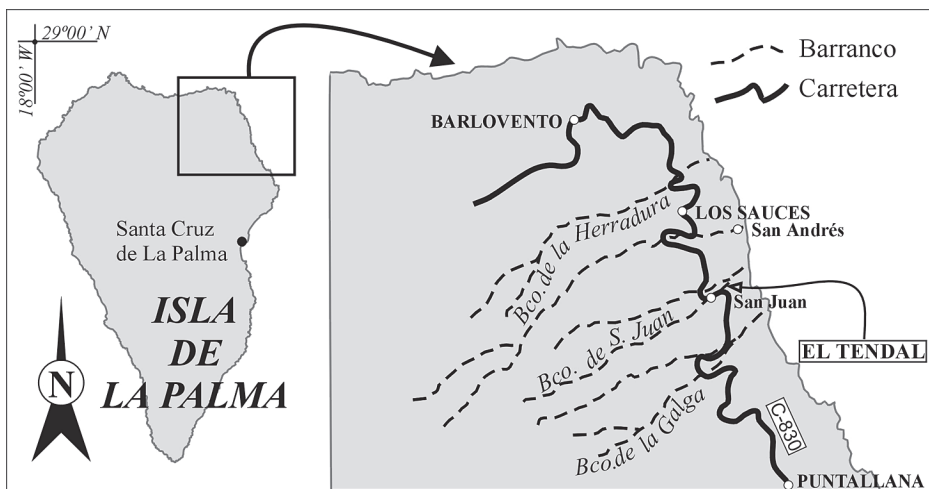
With a view to comparing the results obtained using different geochronological techniques, we made 7 determinations by thermoluminescence (TL) and 4 by radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) over different stratigraphic levels of the Tendal site on the island of La Palma. The results obtained with both techniques are in acceptable agreement and certain discrepancies were only observed in the base layers of the site.

The possible solution to these discrepancies may be sought during future excavations by performing a gamma radiation dosimetry for the TL ages, and by searching for closed systems such as, for example, fish otolites, for the  $^{14}\text{C}$  ages.

**KEY WORDS:** geochronology, termoluminescence,  $^{14}\text{C}$ , archaeology, Canary Islands, La Palma island, Tendal Cave.

## 1. INTRODUCCIÓN

La datación de las evidencias arqueológicas canarias se ha realizado tradicionalmente a través de la aplicación, casi exclusiva, de la técnica del Carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ). No obstante, los resultados obtenidos han mostrado una importante dispersión de edades, incluso para yacimientos con buen control estratigráfico, lo que ha



Mapa 1.

forzado a considerar con cierta reserva muchos de los valores obtenidos. Prueba de ello es que durante cierto tiempo, buen número de estos datos no fueron publicados y sólo circulaban verbalmente, existiendo una cierta desconfianza sobre la fiabilidad del procedimiento, que se ha ido atenuando en los últimos tiempos.

Esto se ha debido a los problemas que habitualmente presenta la aplicación de otras técnicas geocronológicas en yacimientos canarios. En el caso de la Termoluminiscencia (TL), técnica que ha brindado excelentes resultados en entornos no insulares, nos encontramos el inconveniente de que la composición mineralógica de los materiales cerámicos de Canarias difiere de los continentales, para los que el método está muy bien desarrollado. Para éstos, la fracción dominante en la emisión TL suele ser el cuarzo, mineral del que se carece en el Archipiélago, si exceptuamos el pequeño aporte eólico proveniente del vecino Sahara.

En 1995, la Dirección General de Patrimonio Histórico del Gobierno de Canarias financió un proyecto que tenía por objetivo fundamental la aplicación de diversas técnicas de datación de forma conjunta a un mismo yacimiento, para intentar contrastar las cronologías obtenidas. Dado que ese año no hubo campañas de excavación sistemática en la Cueva del Tendal, de las tres metodologías inicialmente previstas, TL,  $^{14}\text{C}$  y Arqueomagnetismo, sólo nos fue posible aplicar de forma conjunta la TL y  $^{14}\text{C}$ , ya que el Arqueomagnetismo requiere de estructuras de combus-

\* Estación Volcanológica de Canarias. IPNA (CSIC). La Laguna. Tenerife.

\*\* Dpto. de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua. Universidad de La Laguna.

\*\*\* Dpto de Ciencias Históricas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

TABLA 1: POSICIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LAS FASES CERÁMICAS

TENDAL, ÁREA B		TENDAL, ÁREA C	
NIVEL	Fase cerámica	NIVELES	Fase cerámica
superficial	III <sub>d</sub> -III <sub>c</sub> -III <sub>b</sub>	Superficial	III <sub>d</sub>
I	III <sub>b</sub>	I <sub>a</sub>	III <sub>d</sub> III <sub>c</sub>
II	III <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	III <sub>c</sub>
III	III <sub>a</sub>	II - IX	III <sub>b</sub>
	II	X - XVII	III <sub>a</sub>
IV	II	XVIII - XX	II <sub>b</sub>
V <sub>a</sub>	I	XXI - XXIII	II <sub>a</sub>
V <sub>b</sub>	I	XXIV - XXV	I final
VI	I	XXVI - XXXIII	I

ción o niveles importantes de incendio y las estructuras de combustión que habían sido preservadas en campañas anteriores para su tratamiento, unas habían sido totalmente destruidas y otras, profundamente alteradas por clandestinos.

## 2. ANTECEDENTES

La secuencia estratigráfica de la Cueva del Tendal (ver mapa 1) abarca las fases cerámicas I a la III, habiéndose producido el abandono del yacimiento al final de esta última. En el área B el depósito arqueológico alcanza un espesor máximo de 1,25 metros. Los niveles VI, V<sub>b</sub> y V<sub>a</sub> contienen evidencias cerámicas de nuestra fase I; la fase II está representada en el nivel IV y el tracto inferior del III, pues en este último se produce el tránsito hacia la subfase III<sub>a</sub>; el nivel II contiene subfase III<sub>a</sub>; en las tallas inferiores del nivel I acaba ésta y evoluciona hacia la subfase III<sub>b</sub>; en el nivel superficial, alterado históricamente por las labores de fabricación de tejas, hay materiales cerámicos de las subfases III<sub>b</sub>, III<sub>c</sub> y III<sub>d</sub> (ver tabla 1).

En el área C el depósito sedimentario tiene un espesor muy superior, de más de 6 metros, en el que se reproduce la misma secuencia. En consecuencia, aquí los procesos evolutivos pueden registrarse mejor, porque cada una de las sucesivas fases y subfases cerámicas tiene un amplio desarrollo a lo largo de varios niveles, en los que puede observarse cómo se producen sus inicios, su apogeo y el tránsito hacia el estilo siguiente.

Como es lógico, en las cinco campañas de excavaciones llevadas a cabo en la Cueva del Tendal se tomaron series de muestras para <sup>14</sup>C. En momentos sucesivos



TABLA 2: DATACIONES POR  $^{14}\text{C}$  CONVENCIONAL  
EN LA «CUEVA DEL TENDAL», ÁREA B, EN 1986

MUESTRA	CUADRÍ. NIV.	FASE CERÁMICA	MAT.	ED. C-14 (BP)	ED. CAL. A.D.	LABORATORIO	Nº REF.
Tendal 2	C/1 II	IIIa	carbón	1270 $\pm$ 70	660 - 790	Groningen	GrN-13662
Tendal 4	D/2 III	tránsito II - IIIa	carbón	1475 $\pm$ 50	540 - 630	Groningen	GrN-13664
Tendal 1	C/3 IV	IIa	carbón	1605 $\pm$ 30	420 - 530	Groningen	GrN-13661
Tendal 3	D/4 Va	I (final)	carbón	1650 $\pm$ 35	350 - 420	Groningen	GrN-13663
Tendal 5	C/0 Va	I (final)	carbón	1590 $\pm$ 50	410 - 540	Groningen	GrN-13665

enviamos doce de ellas para su procesado, de las cuales desafortunadamente tres se malograron<sup>1</sup>. En 1986 se procesó una serie de cinco muestras, tomadas de diferentes cuadrículas y niveles del área B, en el *Laboratorium voor Algemene Natuurkunde* de la *Rijksuniversiteit*, en Groningen, cuyos resultados exponemos en la Tabla 2. Las cuatro restantes son las que se incluyeron en el proyecto de 1995, objeto del presente trabajo.

### 3. TOMA DE MUESTRAS

En esta ocasión, a fin de controlar mejor posibles perturbaciones, proyectamos extraer una nueva serie de muestras en un mismo lugar, mediante una columna que abarcara toda la secuencia. El área C, donde la potencia y complejidad estratigráficas son mayores, era la parte del yacimiento más adecuada a nuestro propósito. Pero cuando nos desplazamos al yacimiento para la toma de muestras, se había producido un saqueo, que había convertido la mayor parte de los perfiles del área C y la mitad exterior del área B en amplios taludes de sedimento revueltos. En ningún caso podíamos acceder a los niveles más antiguos (VI en el área B, y XXXII y XXXIII en el área C) que, por su espesor y caracterización, parecen haberse producido a lo largo de un período mayor que los niveles superpuestos.

En esas circunstancias, tuvimos que constreñirnos a la parte interior del área B, eligiendo la cuadrícula C/2, de la que pudimos tomar una muestra de hueso de ovicaprino del nivel II y muestras de carbón de los niveles III y Vb (ver figura 1). En el área C obtuvimos una muestra también de hueso de ovicaprino del nivel

<sup>1</sup> La primera fue remitida al laboratorio de la Universidad de Granada (UGRA), donde sufrió un accidente. En 1993 enviamos dos a la Dirección General de Patrimonio Histórico para ser incluidas en el programa «Cien nuevas fechas de Carbono 14 para la arqueología de Canarias», pero nunca fueron tramitadas al laboratorio.

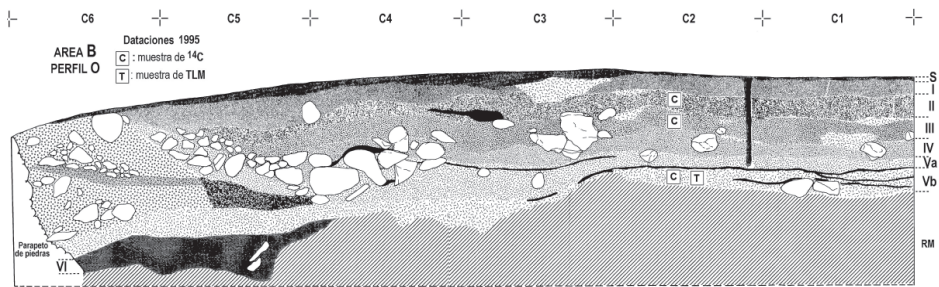


Figura 1.

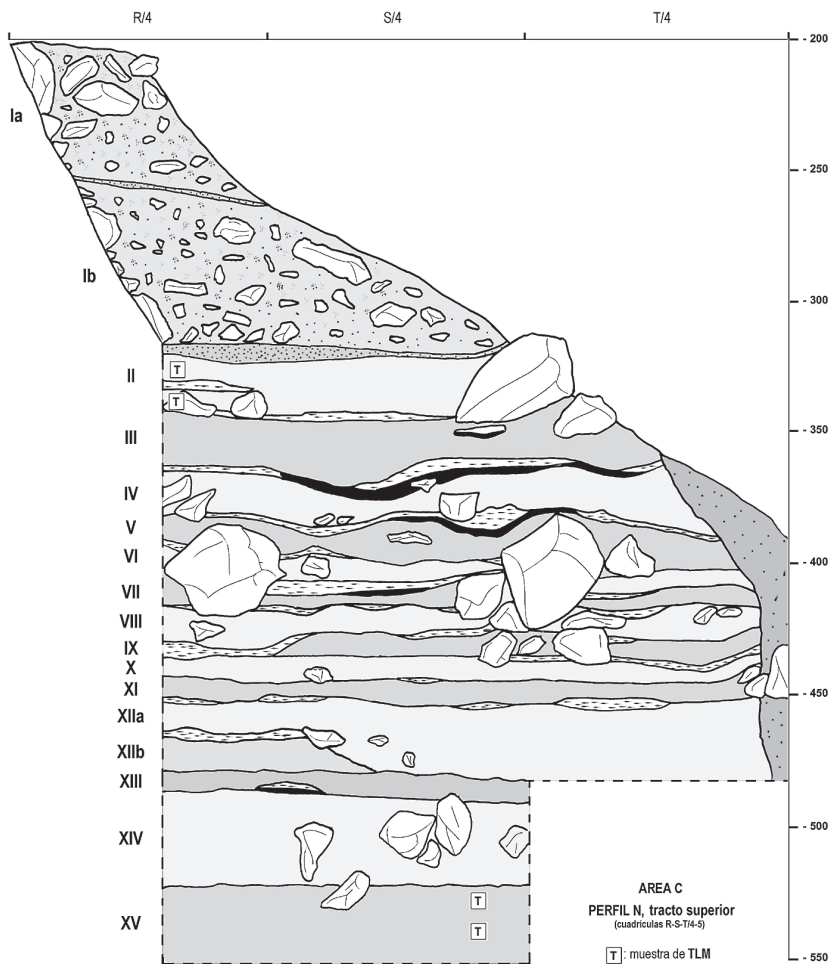


Figura 2.

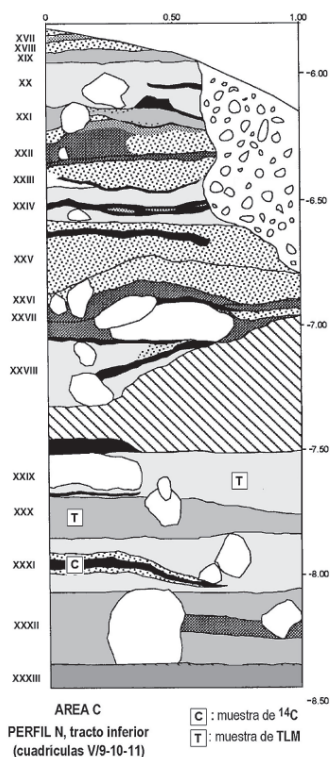


Figura 3.

XXXI, que parece tener una correlación con el nivel IV del área B (ver figuras 2 y 3). En todo caso, de la potente estratigrafía del Tendal, hemos seleccionado niveles próximos a los inicios de la ocupación, intermedios y superiores.

#### 4. DATACIÓN POR TERMOLUMINISCENCIA

La termoluminiscencia es la emisión luminosa que se produce en algunos sólidos al sufrir un calentamiento. Esta emisión no es sino la liberación de una energía de ionización previamente absorbida por el sólido, y que procede de la irradiación natural o artificial del mismo.

Como es sabido, una cerámica está compuesta de una mezcla heterogénea de minerales entre los que se encuentran pequeñas cantidades de elementos radiactivos (U, Th y K) que actúan como emisores de partículas  $\alpha$  o radiaciones  $\beta$  y  $\gamma$ . Estas emisiones, debido a la energía que les transfieren, son capaces de liberar electrones de los átomos, que quedan, posteriormente, atrapados en determinadas zonas del mineral, defectos de la estructura cristalina que actúan como «trampas».



La agitación térmica producida en el material al sufrir un calentamiento por encima de los 500°C, provoca que todos los electrones atrapados puedan volver a sus niveles originales, liberando para ello, en forma de luz, la energía que tenían acumulada. Este proceso se conoce como «puesta a cero», pues a partir de él se reinicia el periodo de almacenamiento energético.

Realizando el cociente entre la dosis de radiación que la muestra ha recibido desde su último gran calentamiento, a lo que denominamos «Dosis Equivalente» (ED), y la dosis de radiación que anualmente recibe el material, la llamada «Dosis Anual», podemos determinar el tiempo transcurrido desde esa última puesta a cero. La Dosis Equivalente es proporcional a la señal de TL de la muestra, mientras que la Dosis Anual es función del contenido en radioelementos de la muestra y de su entorno.

La puesta a cero se produce normalmente en una cerámica en el momento de su cocción o en cualquier otro momento posterior en que se haya sometido a la acción de un fuego intenso, siendo éste el momento al que se referirá su datación.

Las primeras determinaciones efectuadas con esta metodología se basaban en la separación de los minerales de cuarzo en una granulometría de 80 a 125 micras, mineral éste del que normalmente carecen las cerámicas canarias. Un poco después, se puso a punto la denominada técnica de «grano fino», que no trabaja con minerales aislados sino con el total de elementos presentes en la muestra seleccionados a un tamaño de grano muy pequeño. Esta técnica es la más utilizada en la datación de cerámicas y es la que hemos empleado en el caso de los materiales canarios. Además de la carencia de cuarzo, las muestras de Canarias presentan otro inconveniente, como es la duda sobre si se ha producido o no un calentamiento por encima de los 500°C que garantice la correcta puesta a cero. En este sentido, algunos ensayos hechos en el ámbito de este proyecto, sobre materiales procedentes del alfar de Lugarejo, en Gran Canaria, antes y después del «guisado» de la cerámica, nos permitieron comprobar que con técnicas de cocción, presumiblemente similares a las utilizadas por los aborígenes, se lograba una adecuada puesta a cero (eliminación de la señal TL geológica de los materiales que componen la pasta) al menos en las partes más delgadas de los recipientes cerámicos.

#### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS EQUIVALENTE

La dosis equivalente se calcula a partir de la emisión TL natural de la muestra, por comparación con la TL de partes de la misma muestra sometidas a dosis crecientes de irradiación.

La metodología empleada es, como ya indicamos, la de «grano fino», seleccionando una fracción mineral menor de 10 micras, que es depositada sobre pequeños discos de acero inoxidable. Se suele partir de una cantidad en torno a 1 gramo de muestra extraída de la zona interior de la cerámica, de la que finalmente se obtienen entre 20 y 40 discos listos para su medida, dependiendo de la riqueza de la cerámica en la fracción limo-arcillosa.

Los primeros ensayos que nos permitieron entrever la viabilidad de este proyecto se realizaron desplazándonos al Laboratorio de TL del profesor Georges Valladas en Gif Sur Yvette, París. Posteriormente, efectuamos el ensayo sistemático

de todos los materiales seleccionados en un lector de TL que actualmente funciona en la Estación Volcanológica de Canarias (EVC); y por último nos desplazamos a Madrid, al laboratorio de Datación por Termoluminiscencia de la Universidad Autónoma en donde, desinteresadamente, realizaron las dataciones que aquí presentamos con un equipo de la firma RISO mod. TDL-100.

En general, la señal TL obtenida en todas las cerámicas trabajadas es muy débil, si la comparamos con muestras cerámicas continentales de edad similar. Esta característica implica una pobre relación señal/fondo y, por ende, un error relativo elevado. No obstante, se obtuvo una mejora sensible con la incorporación al proceso de preparación de la muestra de un ataque de ácido clorhídrico y agua oxigenada, con la intención de eliminar los carbonatos, los cuales contribuyen con una emisión espúrea de TL y los restos de materia orgánica, que normalmente produce un efecto de enmascaramiento de la señal.

#### 4.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ANUAL

Para el cálculo de la Dosis Anual realizamos la determinación del contenido en Uranio (U), Torio (Th) y Potasio (K), tanto de la muestra cerámica como del sedimento circundante en el que ésta se hallaba. Dicha determinación se efectuó mediante espectrometría de radiación  $\gamma$  (Laboratorio de la Estación Volcanológica de Canarias) y a través de conteo de  $\alpha$  totales (Laboratorio de la Universidad Politécnica de Madrid). Los contenidos medios obtenidos son del orden de 0'5-2% de K, 1-2ppm de U y 4-7ppm de Th; valores éstos que pueden considerarse normales para un entorno eminentemente basáltico como es el dominante en la zona norte de la isla de La Palma. En el caso de un entorno formado por materiales geoquímicamente más diferenciados, como traquitas o fonolitas, son esperables valores más altos.

Para determinar la contribución de la radiación cósmica a la dosis anual, se instalaron dos dosímetros de  $\text{CaSO}_4$  (Valladas G. 1982), durante el periodo de exposición que debía durar un año. Desaparecieron en un espolio del yacimiento, por lo que tuvimos que utilizar los valores propuestos por Aitken (1985).

#### 5. DATACIÓN POR $^{14}\text{C}$

Como es sabido, el  $^{14}\text{C}$  se genera constantemente en la alta atmósfera por acción de la radiación cósmica sobre núcleos como el  $^{14}\text{N}$ , que se transforma en  $^{14}\text{C}$  tras recibir el impacto de un neutrón de alta energía. El  $^{14}\text{C}$  recién generado se combina químicamente con el Oxígeno para dar lugar a  $^{14}\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) y, a partir de aquí, se incorpora a los ciclos de la biosfera. Al ser el  $^{14}\text{C}$  un núcleo radiactivo, desde el mismo momento de su generación comienza un proceso que lo hará descomponerse nuevamente en  $^{14}\text{N}$ , tras una vida media de  $5730 \pm 40$  años. De esta manera, se mantiene un equilibrio casi constante entre la tasa de producción y la de destrucción de  $^{14}\text{C}$ ; de tal forma que, una vez un ser vivo muere, su sistema de



intercambio de carbono queda cerrado, y en su interior sólo se producirá destrucción de  $^{14}\text{C}$ . Conociendo, por tanto, la proporción de  $^{14}\text{C}$  en la biosfera, cuya abundancia es del orden de  $1 \times 10^{-12}$ , el contenido del mismo en la muestra y la vida media del  $^{14}\text{C}$ , aplicando la ley de decaimiento radiactivo, podemos estimar el tiempo transcurrido desde que el sistema se cerró.

A pesar de lo sencillo de este planteamiento, son varios los ajustes y problemas que hay que tener en cuenta a la hora de utilizar las edades que este método nos aporta. El primero de estos ajustes es la diferencia entre la edad directamente calculada por el método, conocida como «Edad  $^{14}\text{C}$ » y la edad real de la muestra. La «Edad  $^{14}\text{C}$ » está calculada, por convenio, empleando en los cálculos la vida media del  $^{14}\text{C}$  originalmente dada por Libby,  $5568 \pm 40$  años, sin atender a los ajustes posteriores que han afinado el dato, hasta diferir ambos valores en más de 160 años, aceptándose en la actualidad como vida media, la ya referida de  $5730 \pm 40$  años. Aunque por convenio, las denominadas edades  $^{14}\text{C}$  deben estar calculadas utilizando la vida media dada por Libby, conviene prestar atención a los datos del laboratorio ya que no siempre es éste el valor utilizado.

Por otro lado, la tasa de generación de  $^{14}\text{C}$  en la alta atmósfera, que en principio se creyó constante, pronto se evidenció que sufre significativas fluctuaciones, debidas a oscilaciones en el flujo de radiación cósmica. La proporción de  $^{14}\text{C}$  en equilibrio en los elementos vivos, por tanto, también ha sido variable. A raíz de estudios comparativos entre edades dendrocronológicas y edades  $^{14}\text{C}$ , se han confeccionado curvas de ajuste que permiten tener un patrón de estas fluctuaciones en los últimos 10.000 años; y con la utilización de estratigrafías procedentes de corales y fondos marinos se alcanzan algo más de 20.000 años. En cualquier caso, estas curvas, aunque aclaran el problema, también evidencian los periodos del pasado en los que, debido a una reducción drástica en la generación de  $^{14}\text{C}$ , el método pierde resolución. Se trata de zonas en forma de meseta dentro de la curva de calibrado, épocas en las que prácticamente no ha habido generación de  $^{14}\text{C}$ , que ocasionan que a un mismo valor de edad  $^{14}\text{C}$ , puedan corresponder cronologías absolutas que difieran en más de 300 años.

Periodos como los aproximadamente comprendidos entre los años 750 a 420BC, 350 a 200BC, 250 a 340AD y 430 a 530AD, son especialmente «malos» en el sentido de que por buena que sea la determinación  $^{14}\text{C}$ , la edad real, tras su calibrado, tendrá un elevado margen de error o dispersión del valor más probable.

Por último, entre los ajustes, hay que tener en cuenta otro factor que tampoco es constante. Se trata de la leve diferencia producida por la fijación selectiva del  $^{14}\text{C}$ , más pesado que el  $^{12}\text{C}$ . Es decir, que debido al fraccionamiento isotópico propiciado por los procesos metabólicos y de fijación del  $\text{CO}_2$ , a igualdad de  $^{14}\text{C}$  disponible, la relación  $^{12}\text{C}/^{14}\text{C}$  cambia ligeramente; o dicho de otra forma, el número de desintegraciones por minuto y por kilo de materia varía según el sistema de que se trate.

Este efecto se corrige de forma bastante precisa recurriendo a la relación fácilmente medible del  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , ambos estables, y dicha corrección suele estar indicada en las edades que los laboratorios modernos facilitan.

Otros problemas, como el efecto «Suess», ligado a la masiva liberación de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera debido al incremento en el empleo de combustibles fósiles del



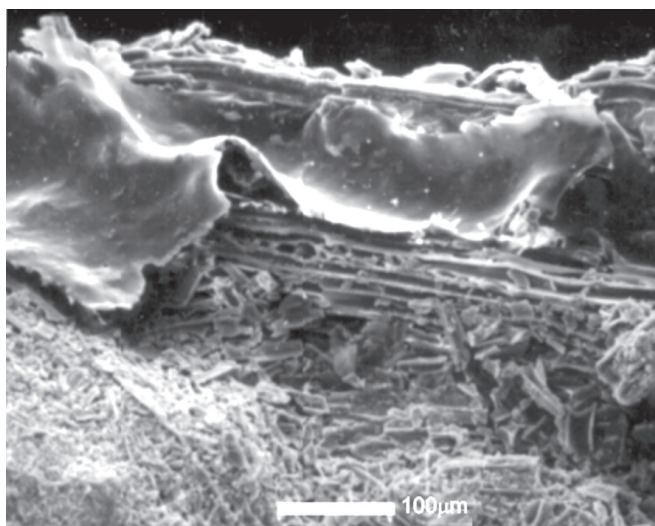


Lámina 1.

último siglo, o el efecto «reservorio», producido por la retención de carbono en depósitos marinos, son sólo importantes en edades muy recientes, en ambientes marinos o en sistemas carbonatados. Por lo que tienen muy poca incidencia en el ámbito arqueológico insular.

### 5.1. CALIBRADO DE LAS EDADES $^{14}\text{C}$

Dada la gran utilización de este método en todo el mundo y la abundancia de laboratorios, todos los efectos que acabamos de describir están contemplados en los programas de calibrado disponibles de forma gratuita vía Internet. A modo de ejemplo, sirvan los de las universidades de Washington o de Oxford, accesibles en las webs: [www.depts.washington.edu/qil/calib/](http://www.depts.washington.edu/qil/calib/) y [www.rlaha.ox.ac.uk/orau/00\\_ind.htm](http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/00_ind.htm). Aunque en el sitio: [www.radiocarbon.org/Info/](http://www.radiocarbon.org/Info/) es posible encontrar un listado con otros programas, laboratorios especializados y *links* hacia sus páginas respectivas.

En general se comienza a calibrar con una edad  $^{14}\text{C}$  calculada con la vida media de Libby y el propio programa nos va indicando los demás aspectos a considerar. Éste ha sido el proceso que hemos seguido con los resultados que aquí presentamos.

### 5.2. EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN

Los restos de materia orgánica utilizados en las determinaciones  $^{14}\text{C}$  pueden verse fácilmente afectados por procesos de contaminación química y biológica.

TABLA 3: DATACIONES POR TLM EN EL YACIMIENTO DE «CUEVA DEL TENDAL», 1995

MUESTRA	ÁREA	CUADRÍCULA	NIVEL	FASE CERÁMICA	EDAD TL (BP)
MAD-237	C	R/5	II	IIIb (final)	793 ±81
MAD-236	C	R/5	II	IIIb (final)	951 ±87
MAD-237D	C	S/4	XV	IIIa (media)	921 ±97
TL-33	C	S/4	XV-	IIIa (media)	1049 ±98
MAD-371	B	C/2	VB	I (media)	1875 ±170
MAD-234	C	V/11	XXIX	I (media)	2162 ±209
TL-37	C	V/11	XXX	I (media)	2115 ±180

TABLA 4: DATACIONES POR <sup>14</sup>C (AMS, SALVO LY-7217) EN LA «CUEVA DEL TENDAL», 1995

MUESTRA	ÁREA	CUADRÍCULA	NIVEL	FASE CERÁMICA	MATERIAL
TEN 14	B	C/2	II	IIIa	Hueso
TEN 23	B	C/2	III	tránsito II - IIIa	Carbón
TEN 36	C	V/11	XXXI	I (media)	Hueso
TEN 35	B	C/2	V-B	I (media)	Carbón
EDAD C-14 (BP)	EDAD A.D.	EDAD A.D.CAL. 2σ	LABORATORIO	Nº REF.	
1105 ±70	845	770-1040	Uppsala	Ua-10224	
1330 ±110	620	400-1000	Lyon	Ly-7217	
1530 ±70	420	400-660	Uppsala	Ua-10225	
1660 ±70	290	220-570	Gif Sur Yvette	95626	

Existe toda una batería de técnicas químicas y físicas (ataques ácidos y básicos, ultrasonidos, etc.) que permiten eliminar, hasta cierto grado, la contaminación superficial de carácter biológico; pero no la contaminación cuando se ha producido la fijación de nuevo carbono, con contenido isotópico diferente, sobre una muestra. Como ejemplo podemos citar que la incorporación de un 5% de carbono actual reduciría la antigüedad de una muestra de 10.000 años a 8.710, y de una de 50.000 a 24.000 años.

Conviene recordar, asimismo, que el 5% de una muestra de, por ejemplo, 200 gr de carbón, representa un volumen considerable. Pero sobre una muestra de miligramos como las utilizadas en AMS, puede representar una cantidad indetectable a simple vista.

En la lámina 1, extraída de Cañaveras y otros (2001), se ilustra este tipo de proceso. En ella vemos un biofilm creciendo sobre restos de carbón procedente de



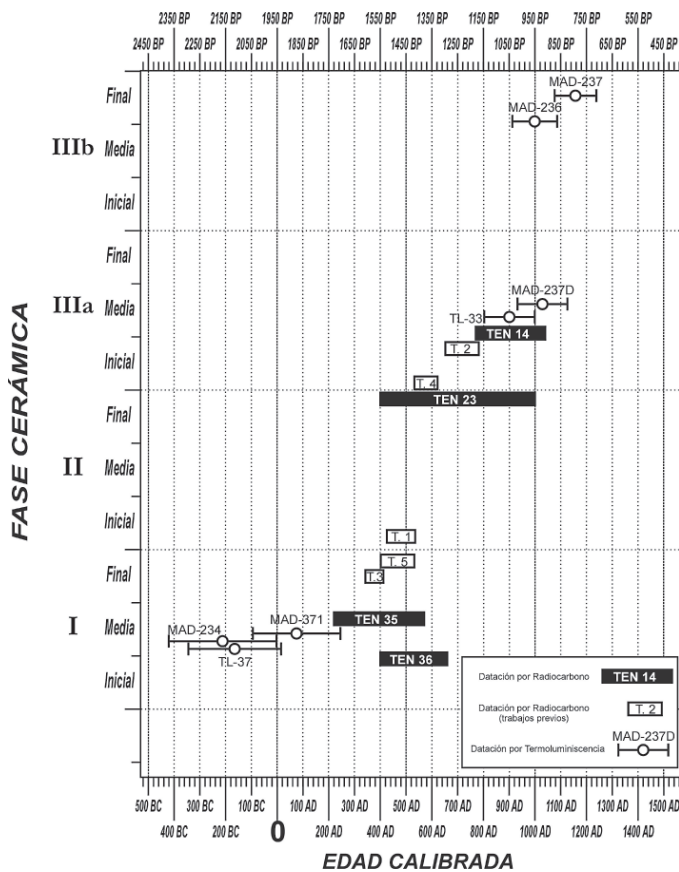


Figura 4.

una pintura negra de la cueva de Tito Bustillo (Asturias). Al tratarse de una muestra de tan reducidas dimensiones, la contaminación sólo es detectable al microscopio electrónico y su eliminación directa casi imposible, por lo que basta que se fije algo de CO<sub>2</sub> actual sobre ese sustrato para que el error sea indetectable.

A nuestro juicio caben dos vías de solución a este grave problema. La primera es la estadística, que consiste en la realización de tantas muestras como sea posible sobre distintos materiales de un mismo nivel u horizonte que se sospeche pueda estar contaminado. En general esto resulta inviable, en los laboratorios comerciales, por su elevado coste. La segunda es la selección cuidadosa del tipo de material a datar, prestando especial atención a la elección de sistemas cerrados, y sobre todo descartando todos los restos con indicios de alteraciones posteriores a la deposición.

## 6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En las siguientes tablas resumimos los resultados obtenidos durante el presente estudio (ver tablas 3 y 4).

Los resultados obtenidos presentan una cierta coherencia, dentro de los márgenes de desviación propios de las técnicas empleadas (fig. 4). No obstante, cuando se han procesado muestras de TL y  $^{14}\text{C}$  de un mismo contexto, que en teoría deberían ser coincidentes, las fechas de TL suelen ser un poco más antiguas que las de  $^{14}\text{C}$ . Explicar este problema es un reto para el futuro. No podemos excluir que existan pequeñas desviaciones en las muestras de termoluminiscencia, habida cuenta de que, como ya se ha dicho, los dosímetros de  $\text{CaSO}_4$  instalados durante un año desaparecieron al sufrir un expolio del yacimiento, por lo cual tuvimos que utilizar los valores promedio propuestos por Aitken. Pero tampoco descartamos que sean las de carbono-14 las rejuvenecidas por distintos agentes contaminantes, como hemos expresado más arriba. A simple vista se han detectado diminutas raíces próximas al punto de procedencia de las muestras y, aunque esta eventualidad ha sido advertida al laboratorio, no olvidemos que algunas de ellas se han procesado por AMS. Sigue llamándonos la atención que las fechas de  $^{14}\text{C}$  de los niveles sucesivos tiendan a acercarse hacia la más reciente, y que el periodo comprendido entre ellas parezca demasiado breve si lo comparamos con los potentes depósitos de sedimentos acumulados, incluso teniendo en cuenta la diagénesis de los mismos.



## BIBLIOGRAFÍA

- AITKEN, M.J., 1985: *Thermoluminescence Dating*. Academic Press.
- BRONK RAMSEY, C., 1995: «Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program». *Radiocarbon*, 37 (2): 425-430.
- CAÑAVERAS, J.C., SÁNCHEZ-MORAL, S., SOLER, V., y SAIZ-JIMÉNEZ, C., 2001: «Microorganisms and microbially induced fabrics in cave walls». *Geomicrobiology Journal*, 18-3: 223-240.
- MARTIN RODRIGUEZ, E., 1997: «Nuevos datos para la interpretación del conjunto rupestre de La Zarza-La Zarcita (Garafía, La Palma)». *Homenaje a Celso Martín de Guzmán*, Las Palmas de Gran Canaria, UPLGC: 241-255.
- NAVARRO, J.F., E. MARTÍN y RODRÍGUEZ, A.C., 1990: «La primera etapa del programa de excavaciones en Cuevas de San Juan y su aportación a la diacronía en la prehistoria de La Palma». *Investigaciones arqueológicas en Canarias*, Santa Cruz de Tenerife, II: 187-201.
- VALLADAS, G., 1982: «Measure de la dose gamma annuell de l'environment d'un site par un dosimetre TL». *PACT*, 6: 77-85.

