

NECROPOLIS DE LA CUCARACHA: UNICO ENTERRAMIENTO CON RESTOS HUMANOS ASOCIADOS A UNA ERUPCION PREHISTORICA DE LA PALMA (ISLAS CANARIAS)

P. Rodríguez Ruiz*, E. R. Badiola**, J. C. Carracedo***, F. J. Pais Pais****, H. Guillou*****
y F. J. Pérez Torrado*****

RESUMEN

El yacimiento de La Cucaracha es un importante enterramiento de restos arqueológicos y humanos situado en una oquedad excavada en el flanco SE del edificio volcánico de la Montaña de La Cucaracha, centro eruptivo con más de 20.000 años. La profusión y diversidad de materiales encontrados: fragmentos cerámicos, industria lítica y restos óseos, justifican la importancia de este yacimiento, pero el hallazgo más significativo es la presencia de fragmentos de huesos humanos englobados en escorias volcánicas. El estudio desarrollado sobre este yacimiento está encaminado a la identificación del centro eruptivo responsable de este acontecimiento y a valorar la incidencia que una erupción volcánica ha tenido sobre la estructura y composición elemental de los materiales óseos. Con esta finalidad, se ha efectuado la datación radiométrica por ^{14}C de los huesos afectados por la erupción prehistórica y el análisis petrográfico-geoquímico de los diversos materiales óseos y escorias basálticas que engloban los restos óseos en relación con los posibles edificios volcánicos circundantes. Los resultados obtenidos señalan a la Montaña Goteras, centro eruptivo próximo al volcán de La Cucaracha, como responsable del suceso, y evidencian la preservación tanto de la composición mineralógica como de los parámetros cristalográficos de los materiales óseos. Su estudio comparativo señala diferencias importantes entre los huesos correspondientes a enterramientos y los procedentes de ceremonias de cremación, los cuales experimentan un señalado incremento de la cristalinidad con algunas pérdidas de componentes elementales significativos, variaciones contrapuestas al importante enriquecimiento en elementos traza y tierras raras que experimentan los fragmentos óseos afectados por la erupción volcánica. Los contenidos en determinados oligoelementos y relaciones de Sr/Ca han permitido obtener información complementaria sobre su dieta alimentaria.

Palabras clave: *Volcanismo, erupciones prehistóricas, composición química, necrópolis, restos humanos, aborígenes, La Palma, Islas Canarias.*

ABSTRACT

The La Cucaracha site is an important burial ground of archaeological and human remains located in a cavity excavated in the SE flank of Montaña de La Cucaracha volcano, an eruptive vent dated at over 20.000 years. The profusion and diversity of the materials found: pottery shards, stone hand tools and bones, justify the importance of this interment site, although the most significant finding is the presence of human bone fragments embedded in volcanic scoria. The study of this site is focused on identifying the eruptive vent responsible for this event and assessing the incidence of a volcanic eruption on the structure and elemental composition of the recovered osseous materials. For this purpose, radiometric ^{14}C dating has been carried out of the bones affected by the prehistoric eruption in addition to the petrographic and geochemical analysis of the different bone fragments and of the basaltic scoria in which the bone fragments are

* Sociedad de Amigos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España. e-mail: mcnp627@mncn.csic.es

** Departamento de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, España.

*** Estación Volcanológica de Canarias, IPNA-CSIC, Tenerife, España.

**** Consejería de Patrimonio Histórico, Cabildo Insular de La Palma, España.

***** Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA-CNRS, Gif-Sur-Yvette, France.

***** Departamento de Física-Geología de la Facultad de Ciencias del Mar de la ULPGG, España.

embedded in relation to the possible surrounding volcanoes. The results obtained point to Montaña Goteras, an eruptive vent close to La Cucaracha volcano, as being responsible for the event, and provide evidence of the preservation of both the mineralogical composition and the crystallographic parameters of the osseous materials. A comparative study reveals significant differences between the bones corresponding to interments and those from cremation ceremonies, the latter showing a marked increase in crystallinity with occasional loss of significant elemental components, variations in contrast to a notable enrichment in trace elements and rare earths undergone by the bone fragments affected by the volcanic eruption. The content in certain oligoelements and Sr/Ca ratios have provided complementary dietary information.

Key words: *Volcanism, prehistoric eruptions, chemical composition, necropolis, human bones, aborigines, La Palma, Canary Islands.*

Introducción

La necrópolis funeraria de la Cucaracha constituye uno de los yacimientos más emblemáticos del sur de la isla de La Palma situada en un hueco excavado en el flanco meridional de la Montaña Cucaracha, en el término municipal de Villa de Mazo. El enterramiento presenta numerosos restos arqueológicos consistentes en fragmentos de cerámica e industria lítica así como fragmentos relativamente abundantes de huesos humanos, algunos quemados y otros parcialmente carbonizados englobados en escorias volcánicas. La disposición de este enterramiento y su escenario hacen suponer que estos restos humanos (varios adultos) están relacionados con una erupción volcánica prehistórica y que posteriormente fueron transportados a esta necrópolis funeraria. Las escorias que engloban los huesos prehistóricos son de naturaleza basáltica, materiales volcánicos que predominan ampliamente en la dorsal de Cumbre Vieja y que están relacionados con centros eruptivos típicamente explosivos. Pero el estudio del volcán La Cucaracha puso de manifiesto que este centro eruptivo, también de naturaleza basáltica, correspondía a una erupción con más de 20.000 años de antigüedad, por lo que se utilizó únicamente como lugar de enterramiento. Es preciso, pues, identificar entre las erupciones recientes (unos pocos miles de años) las que por sus condiciones de edad, petrografía, geoquímica y mecanismos eruptivos pudieran relacionarse con este hecho.

Entorno Geológico

Desde hace al menos 123.000 años la actividad eruptiva casi continuada del sur de La Palma, ha construido un edificio volcánico —Cumbre Vieja— alargado en dirección N-S generando una dorsal de 220 km² de extensión emergida y un volumen de

125 km³. La cresta de la dorsal alcanza los 1950 m de altura (fig. 1), con flancos de pendientes muy acusadas.

La cumbre del edificio está formada por una alineación de centros eruptivos en forma de fisuras y conos volcánicos, formando un característico *rift*. Aunque no todos los centros y fisuras eruptivas están en el eje del *rift*, sí concentra éste la mayoría de los centros de emisión con coladas discurriendo por los flancos y alcanzando la costa la mayoría de las veces. La actividad eruptiva continúa en el extremo sur de la dorsal con una prolongación de volcanes submarinos (Carracedo *et al.*, 2001b).

Las lavas prehistóricas de este edificio volcánico (Carracedo *et al.*, 2001 a, b) son predominantemente de la serie basáltica alcalina (basanitas, tefritas y fonolitas). Los mecanismos eruptivos son fundamentalmente estrombolianos con la emisión de lavas basálticas como Mña. Quemada y volcán Martín prehistórico, y otros con alternancia de materiales basálticos y tefri-fonolíticos, como el Birigoyo y el grupo de volcanes Fuego y La Fajana. Son relativamente frecuentes los centros freatoestrombolianos en el litoral (Montaña Goteras) y en la cumbre de la dorsal (San Antonio), así como numerosos domos fonolíticos (Malforada y Nambroque) distribuidos en la cresta de la dorsal y flancos del edificio volcánico.

El lugar del enterramiento correspondiente al yacimiento arqueológico de La Cucaracha (fig. 1) se sitúa en el flanco este de la dorsal de Cumbre Vieja y está excavado en el flanco SE de la Montaña Cucaracha, centro eruptivo estromboliano con más de 20.000 años de antigüedad y rodeado por piroclastos hidromagmáticos procedentes de diversos centros eruptivos más recientes, entre los que destaca el edificio explosivo Montaña Goteras por su gran profusión y diversidad de tobas y materiales piroclásticos (De la Nuez y Quesada, 1999).



Fig. 2a.—Sección longitudinal de huesos largos con escasas modificaciones y perfecta conservación histológica. Microfotografía [LP].

Materiales seleccionados

Dada la complejidad del yacimiento arqueológico y las características del entorno geológico, el muestreo se ha diversificado por una parte a la obtención de muestras óseas representativas del enterramiento, de los materiales lávicos que han englobado los restos de huesos humanos, y de los edificios volcánicos del enterramiento así como de otros centros circundantes.

Materiales óseos

— Huesos largos «limpios», típicos de extremidades, perfectamente conservados y más recientes (fig. 2a [H-P]) en los que no se evidencia macroscópicamente la incidencia de los materiales volcánicos circundantes, características que asimismo se apre-

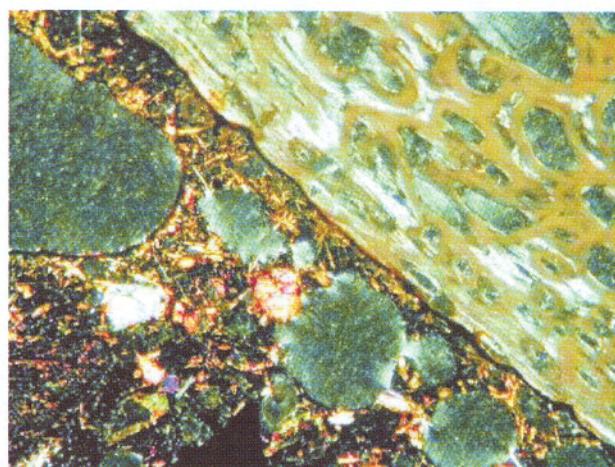
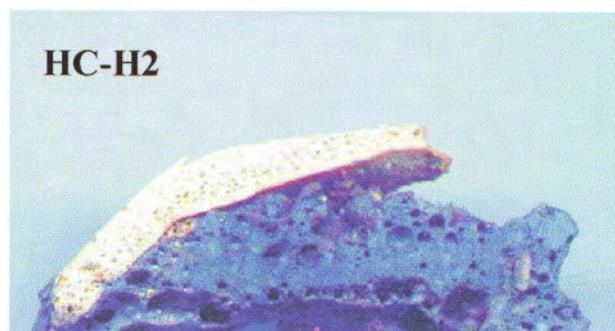


Fig. 2b.—Sección transversal de hueso plano asociado a las escorias de la necrópolis. Microfotografía [LP].

cian en las secciones longitudinales de la diáfisis que presentan su estructura íntegra.

Estos huesos se han tomado como término de referencia y contraste respecto a las restantes muestras óseas estudiadas.

— Fragmentos de diversos huesos humanos incluidos en los bloques de escoria basáltica con diversos grados de afección.

El más externo (fig. 2b [HC-H2]) se corresponde con la sección transversal de un hueso plano craneal, asociado a las escorias basálticas pero sin que haya sido totalmente aglutinado por ellas, como sí sucede con los numerosos fragmentos óseos disgregados dentro de los materiales volcánicos.

La sección microscópica del contacto entre el fragmento óseo y la escoria basáltica vesicular presenta un límite neto con una capa fina algo oxidada. Destaca en la materia ósea, la zona de hueso externo algo más compacta y la zona interna esponjosa, así como el desarrollo de zonas con estructuras fibrosas en la porción inorgánica, mientras que el resto (más opaco), que configura la estructura trabecular del tejido óseo, presenta cavidades alargadas subparalelas a la zona cortical.

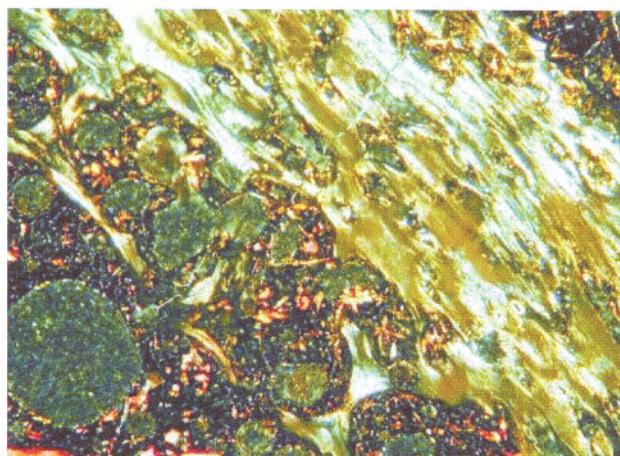
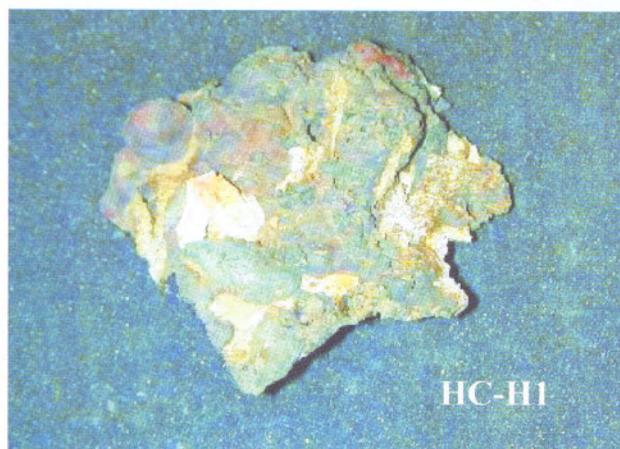


Fig. 2c.—Escoria basáltica que engloba fragmentos de hueso y penetra en el interior de las cavidades óseas llegando a disgregarlo. Microfotografía [LP].

Pero es en las zonas más internas de la escoria basáltica donde mejor se observa la inclusión de fragmentos óseos esponjosos rodeados por el material basáltico, que incluso penetra en el interior de la cavidad del hueso quedando aislados fragmentos óseos dentro del material volcánico (fig. 2c [HC-H1]). En estos fragmentos se observa, por su mayor birrefringencia, la estructura fibrosa del apatito óseo con menor proporción de la materia ósea opaca.

— Los huesos largos quemados del enterramiento de la necrópolis de La Cucaracha, probablemente procedentes de ceremonias de cremación de cadáveres, no presentan relación visible con los materiales volcánicos. Su inclusión en este estudio está dirigida a establecer posibles diferencias texturales y composicionales respecto a los fragmentos óseos incluidos en las escorias basálticas y de los huesos largos «limpios» tomados como referencia.

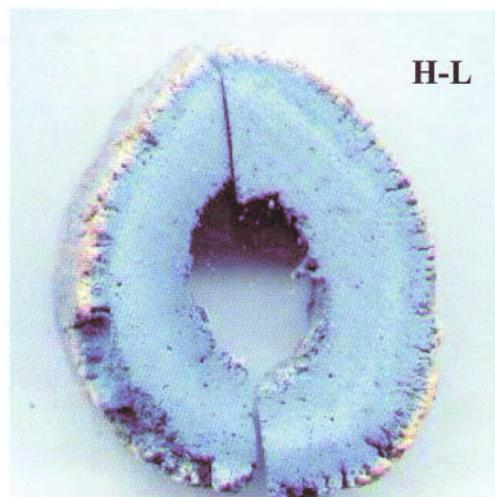


Fig. 2d.—Sección transversal del hueso largo quemado con perfecta delimitación de su zona externa calcinada y zona interna más compacta surcada por los conductos de Havers. Microfotografía [LN].

Macrosópicamente presentan diversas modificaciones (fig. 2d [H-L]) con una parte exterior donde se observa una zona externa constituida por una fina capa blanquecina compacta (periostio) que contrasta con la diversidad de tonos azulados, de mayor intensidad hacia los límites externos y zona interna.

Al microscopio, en sección transversal, se observa una fina capa compacta que rodea la zona de circulación externa del hueso con frecuentes espacios que se continúan hacia el interior. En esta zona predomina una típica estructura de hueso compacto surcado por los conductos de Havers donde se observan los cuerpos circulares (osteoneales) con sus anillos de crecimiento y relativa buena conservación.

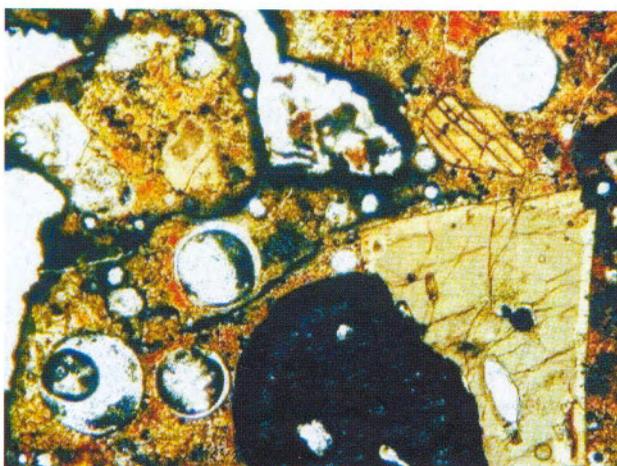
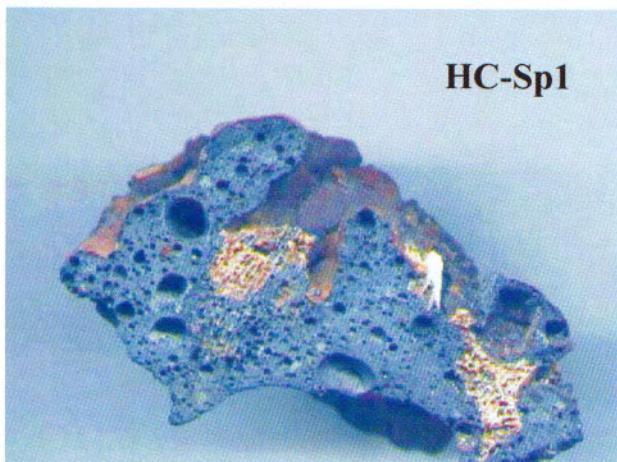


Fig. 3.—Escoria volcánica basáltica, que engloba los fragmentos óseos, constituida por fenocristales idiomorfos de augita, mesocristales alotriomorfos de olivino y restos pseudomorfos de anfíbol oxidados sobre una matriz de vítrea a hipocristalina. Microfotografía [LN].

Materiales basálticos

— La roca volcánica escoriácea «spatters», que aglutina los fragmentos óseos (fig. 3 [HC-Sp1]), corresponde a un típico basalto piroxénico vesicular con matriz vítrea fragmentaria e importantes procesos de desvitrificación. Estos «spatters» están constituidos por numerosos fenocristales de augita zonados, con núcleos más sódicos de egiirina, sobre una matriz vacuolar que varía de vítrea a microcristalina. Destaca la presencia esporádica de cristales xenomorfos de olivino parcialmente corroídos y microfracturados en relación con episodios eruptivos fuertemente explosi-

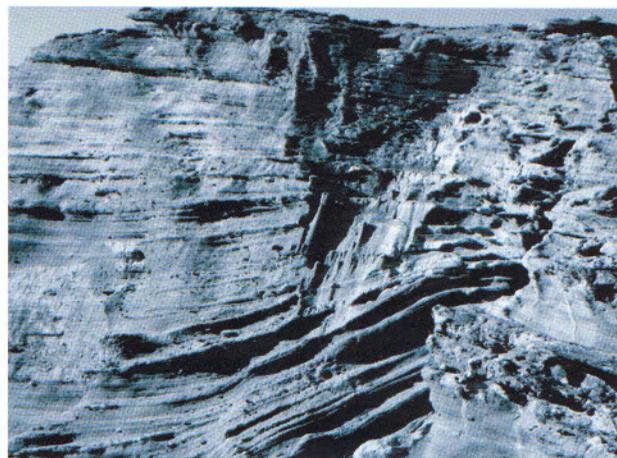


Fig. 4.—Estructura interna del cono freatomagmático de Montaña Goteras.

vos. Se observan asimismo restos de cristales de anfíbol corroídos y reabsorbidos relacionables con los procesos de descompresión que conlleva la reducción de los contenidos en la fase acuosa originados por la desgasificación del magma durante su ascenso.

— Las escorias del centro volcánico estromboliano de La Cucaracha corresponden a un basalto piroxénico-anfibólico vesicular, con frecuentes fenocristales de augita sódica, anfíbol tipo kaersutita, xenomorfos de olivino microfracturados y minerales opacos, sobre una matriz máfica hipocristalina con frecuentes vacuolas. Los cristales de anfíbol no presentan aureolas de reacción o de oxidación siendo ésta una fase totalmente estable con las condiciones de cristalización del magma basáltico.

— Las escorias de la necrópolis del volcán La Cucaracha, corresponden a un basalto piroxénico-anfibólico vesicular oxidado, con características texturales y mineralógicas prácticamente equivalentes a las de las escorias que constituyen el centro eruptivo de La Cucaracha.

— El volcán Montaña Goteras, centro eruptivo próximo a La Cucaracha, es uno de los aparatos hidrovulcánicos mejor conservado del archipiélago donde pueden observarse, con gran detalle y en perfecto estado de conservación, una extensa gama de estructuras típicas de interacción del agua con las fases eruptivas que han originado una gran variedad de facies (fig. 4).

Los materiales lávicos considerados, (ref. 264)*, corresponden a basaltos olivínico-piroxénicos con anfíbol, presentando un carácter máfico muy acusado

* Muestra referenciada al Mapa Geológico de España (MAGNA), Sur de La Palma (Memoria). Hoja 1085 III/IV. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid.

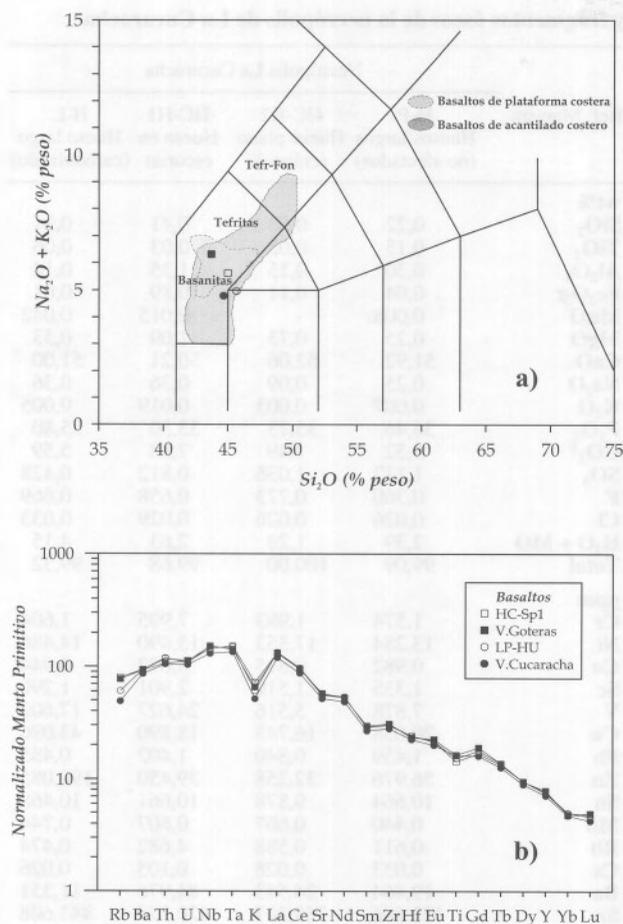


Fig. 5.—a) Diagrama clasificatorio TAS (Le Bas *et al.*, 1986) de los materiales basálticos de la necrópolis y volcán La Cucaracha, así como de los materiales lávicos de Montaña Goteras. Los límites de las formaciones volcánicas basálticas de acantilado y plataforma están tomados de Carracedo *et al.*, (2001 a, b). b) Diagrama de elementos incompatibles de los materiales basálticos normalizados respecto al manto primitivo (Sun y McDonough, 1989).

por la frecuente presencia de fenocristales (ol-cpx-anf-opc) sobre una matriz hipomicrocristalina poco vesicular. Los cristales de olivino de mayor tamaño son alotriomorfos sin que se observen procesos de alteración, pero subordinados a los fenocristales de augita que presentan secciones zonales y núcleos más sódicos. Los cristales de anfíbol presentan dualidad morfológica con fenocristales alotriomorfos que coexisten con mesocristales total o parcialmente afectados por las aureolas de reacción originadas por los procesos de descompresión y desgasificación.

Metodología analítica aplicada

El estudio petrográfico por luz transmitida y reflejada ha permitido la selección de fragmentos de muestras para su molienda en mortero de ágata y posterior estudio mineralógico y análisis químico.

El estudio mineralógico se ha efectuado sobre difractogramas en polvo de rayos X (DRX) con la aplicación del programa PLV (Martín Ramos, 1990) para la identificación de fases minerales, (apatitos óseos e impurezas), por confrontación con las fichas ASTM (American Society Testing Materials).

Los posibles cambios estructurales inducidos por la erupción volcánica, sobre los fragmentos óseos englobados en las escorias así como los originados por la cremación, se han valorado mediante la aplicación de técnicas de refinamiento Rietveld (Rodríguez-Carvajal, 1997), estudio que también se ha hecho extensivo a los huesos no afectados tomados como referencia.

Las determinaciones analíticas se han efectuado tanto en los materiales basálticos como óseos. Los óxidos mayoritarios se han obtenido por espectroscopía de absorción atómica complementados con análisis gravimétricos y volumétricos, mientras que los componentes aniónicos más significativos de los materiales óseos han sido determinados por electroforesis capilar iónica. Los elementos traza y tierras raras se han analizado por ICP-Masas.

Para establecer una correlación temporal de los fragmentos óseos, englobados en las escorias volcánicas, se ha realizado su datación por ¹⁴C, lo que ha reportado una edad de 860 AD (referenciada al año AD 1950)*, que probablemente se corresponde con la edad de la erupción prehistórica.

Resultados

El planteamiento más inmediato es tratar de relacionar los materiales basálticos del yacimiento con los edificios prehistóricos circundantes en base a sus características petrográficas y geoquímicas. Sin embargo aunque existen algunas diferencias texturales, anteriormente indicadas, éstas son poco definitorias y la mineralogía observada es prácticamente equivalente en este tipo de materiales volcánicos basálticos, características de similitud que asimismo se evidencian en los diagramas geoquímicos.

Como se observa en el diagrama clasificatorio TAS (fig. 5a), las muestras analizadas (tabla 1) tienden a agruparse en clara correspondencia con las formaciones volcánicas en las que se encuadra el yacimiento arqueológico, tendencias que asimismo se evidencian en los diagramas normalizados (Sun y McDonough, 1989) en los que se observa un sensible paralelismo (fig. 5b) con pequeñas divergencias en casi todo el espectro composicional, lo cual es típico de las lavas que constituyen las formaciones basálticas de acantilado y plataforma (Carracedo *et al.*, 2001 b).

* Datada por Geochron Laboratories (Krueger Enterprises), Massachusetts, USA. Edades basadas en la edad media de Libby para el ¹⁴C (5.570 años).

Tabla 1.—Análisis químicos de los materiales basálticos y fragmentos óseos de la necrópolis de La Cucaracha

Ref. Muestra	Volcán La Cucaracha (enterramiento)			Mña. Goteras	Ref. Muestra	Necrópolis La Cucaracha			
	LP-HU Escoria Necrópolis	LP-CH Escoria V. Cucaracha	HC-Sp1 Escoria con huesos	264 Lava V. Goteras		H-P Huesos largos (no afectados)	HC-H2 Hueso plano (cráneo)	HC-H1 Hueso en escorias	H-L Hueso largo (carbonizado)
wt%					wt%				
SiO ₂	45,62	44,64	44,96	43,68	SiO ₂	0,22	0,53	0,41	0,31
TiO ₂	3,30	3,50	3,10	3,53	TiO ₂	0,15	0,05	0,03	0,06
Al ₂ O ₃	16,23	16,90	15,99	16,08	Al ₂ O ₃	0,30	0,15	1,35	0,14
Fe ₂ O ₃	9,41	9,91	6,16	4,38	Fe ₂ O _{3t}	0,04	0,11	0,89	0,01
FeO	3,12	1,72	5,44	7,06	MnO	0,008	-	0,015	0,042
MnO	0,22	0,23	0,22	0,22	MgO	0,25	0,73	1,09	0,53
MgO	5,25	5,65	5,64	6,56	CaO	51,92	52,06	50,21	51,00
CaO	9,79	10,34	10,29	11,24	Na ₂ O	0,25	0,09	0,36	0,36
Na ₂ O	3,15	3,26	3,47	4,36	K ₂ O	0,007	0,003	0,019	0,005
K ₂ O	1,83	1,55	2,18	1,98	P ₂ O ₅	36,46	35,73	33,30	35,80
P ₂ O ₅	1,08	0,84	1,24	0,91	CO ₃ ²⁻	5,52	7,49	7,88	5,59
H ₂ O + CO ₂	0,43	0,53	0,60	0,08	SO ₃	1,177	1,036	0,812	0,428
Total	99,43	99,07	99,29	100,08	F	0,360	0,773	0,658	0,869
					Cl	0,026	0,026	0,029	0,033
					H₂O + MO	2,39	1,23	2,63	4,15
					Total	99,09	100,00	99,68	99,32
ppm					ppm				
Cr	227,042	340,061	244,979	149	Cr	1,574	1,983	7,995	1,604
Ni	101,136	140,075	105,294	85	Ni	13,284	17,353	15,490	14,486
Co	43,876	47,357	44,050	40	Co	0,982	0,815	3,072	0,944
Sc	24,400	28,186	24,500	22	Sc	1,335	1,510	2,901	1,290
V	281,403	283,681	298,692	301	V	7,878	5,516	24,627	17,603
Cu	92,293	80,424	70,863	72	Cu	20,038	16,743	18,890	43,086
Pb	78,589	54,968	4,757	4	Pb	1,459	0,840	1,402	0,455
Zn	147,927	136,361	102,764	124	Zn	56,976	32,258	39,450	190,085
Sn	5,505	2,986	1,206	2,93	Sn	10,664	9,878	10,661	10,468
Mo	3,287	2,934	4,065	5,11	Mo	0,440	0,667	0,807	0,744
Rb	38,388	31,126	50,817	49	Rb	0,611	0,588	4,682	0,474
Cs	0,664	0,358	0,521	0,59	Cs	0,033	0,028	0,105	0,026
Ba	654,620	600,120	656,312	651	Ba	19,464	24,543	84,976	11,351
Sr	1194,850	1093,245	1168,797	1215	Sr	423,686	359,317	420,775	443,608
Tl	0,020	0,006	0,005	0,02	Tl	0,031	0,019	0,042	0,034
Ga	23,316	21,535	22,129	23	Ga	2,157	2,377	3,843	1,908
Li	10,092	9,492	9,412	8,48	Li	1,153	1,190	2,148	3,556
Be	2,837	2,732	3,101	3,11	Be	0,567	0,553	0,676	0,511
Ta	6,119	5,544	6,242	5,84	Ta	0,110	0,140	0,555	0,060
Nb	103,803	93,082	102,868	108,5	Nb	0,943	1,358	8,654	0,425
Hf	7,424	6,924	7,432	7,21	Hf	0,131	0,167	0,706	0,128
Zr	339,903	312,450	335,280	346	Zr	2,099	3,709	26,759	1,506
Y	34,775	32,388	34,155	36	Y	0,984	0,690	3,092	0,206
Th	10,116	8,923	9,973	9,09	Th	0,124	0,201	0,982	0,074
U	2,297	2,181	2,373	2,33	U	0,356	0,342	0,449	0,146
La	92,029	82,728	90,720	90,43	La	2,996	2,157	9,088	0,580
Ce	172,241	154,789	169,861	169,08	Ce	3,336	2,874	16,123	0,431
Pr	19,276	17,389	19,207	18,91	Pr	0,523	0,349	1,857	0,081
Nd	72,522	65,630	71,756	70,87	Nd	2,097	1,633	6,919	0,570
Sm	12,664	11,878	12,868	13,11	Sm	0,438	0,321	1,396	0,187
Eu	3,654	3,350	3,597	3,79	Eu	0,125	0,105	0,374	0,045
Gd	10,551	9,504	9,956	11,32	Gd	0,346	0,281	1,146	0,109
Tb	1,477	1,361	1,428	1,48	Tb	0,051	0,041	0,151	0,021
Dy	7,010	6,589	7,003	6,96	Dy	0,260	0,212	0,769	0,142
Ho	1,296	1,210	1,269	1,26	Ho	0,049	0,040	0,135	0,030
Er	3,031	2,799	2,926	3,04	Er	0,142	0,126	0,351	0,100
Tm	0,430	0,394	0,433	0,42	Tm	0,021	0,021	0,051	0,016
Yb	2,469	2,329	2,420	2,36	Yb	0,153	0,147	0,323	0,083
Lu	0,353	0,314	0,344	0,37	Lu	0,032	0,025	0,050	0,018

LP-HU: Escoria del enterramiento del volcán La Cucaracha.

LP-CH: Escoria del volcán La Cucaracha.

HC-Sp1: Escoria que contiene los huesos del enterramiento del volcán La Cucaracha.

264: Lava del volcán Mña. Goteras. MAGNA.

H-P: Huesos largos no afectados por la erupción volcánica.

HC-H2: Hueso plano asociado a escorias basálticas del enterramiento excavado en el flanco SE del volcán La Cucaracha.

HC-H1: Hueso englobado en las escorias basálticas del enterramiento.

H-L: Hueso largo calcinado por cremación.

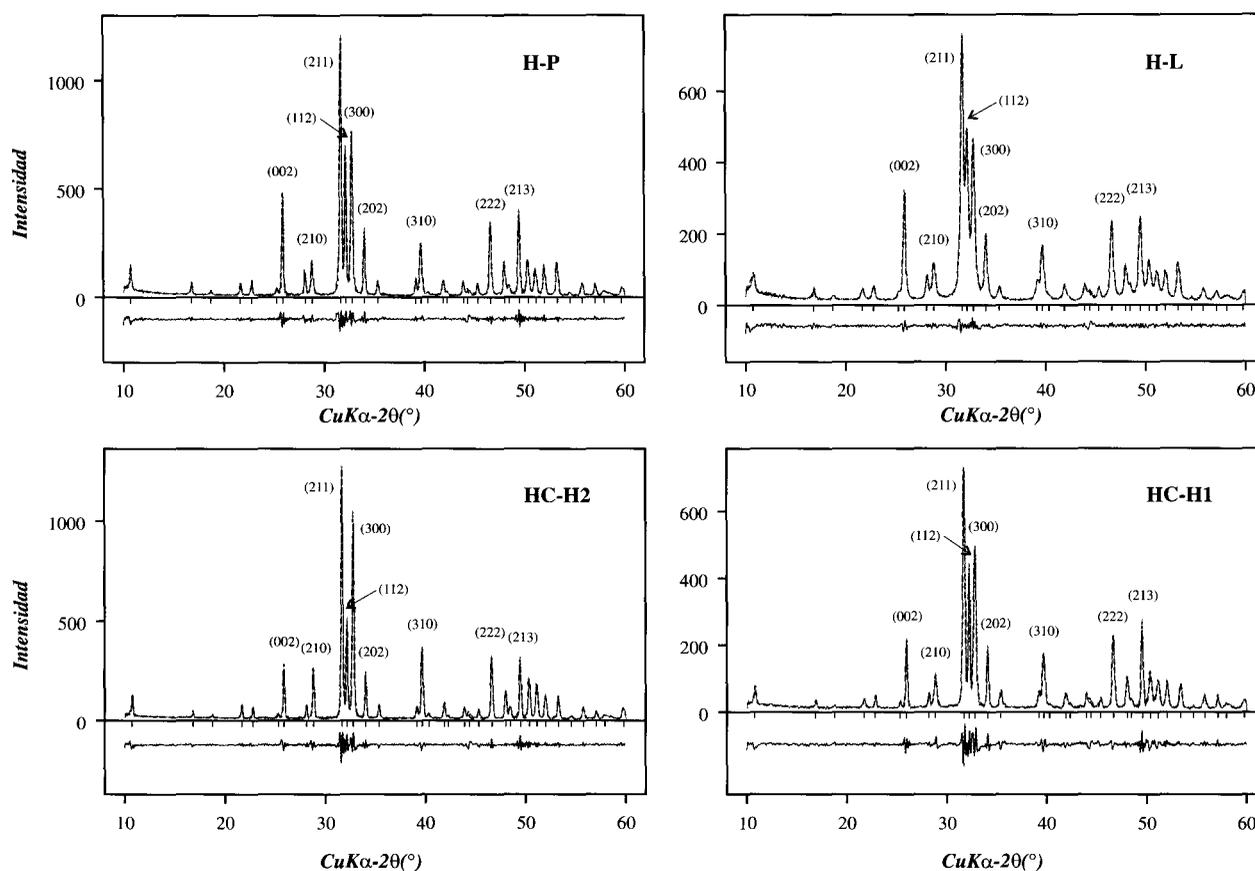


Fig. 6.—Difractogramas de rayos X de las muestras de huesos correspondientes al enterramiento de la necrópolis de La Cucaracha, con los perfiles observados (—) y calculados (---) así como la diferencia entre ambos perfiles.

Tabla 2.—Resultados del refinamiento Rietveld de huesos del enterramiento del volcán La Cucaracha

Muestras	H-P	HC-H2	HC-H1	H-L
a (Å)	9,4435	9,4111	9,4634	9,4569
(std)	(0,0006)	(0,0055)	(0,0009)	(0,0005)
c (Å)	6,8675	6,8440	6,8675	6,8796
(std)	(0,0004)	(0,0039)	(0,0007)	(0,0004)
Relación axial a:c	1,3751	1,3751	1,3780	1,3746
Prof. Orient. [001]	1,0380	1,2067	1,1476	1,0035
Crist. Reflex. (002)	0,166	0,149	0,174	0,256
(std)	0,001	0,001	0,001	0,004
Rwp	0,1251	0,1420	0,1400	0,0717
Rp	0,0861	0,0987	0,1079	0,0486

En lo que respecta a los materiales óseos, el análisis mineralógico mediante DRX señala que todas las muestras corresponden a hidroxilapatitos como

única fase mineral constituyente, con la presencia de pequeñas impurezas de óxidos de hierro y magnesio en los fragmentos óseos incluidos en las escorias basálticas, siendo éstas menos significativas en los huesos calcinados.

La confrontación de los perfiles de DRX observados y calculados mediante el refinamiento estructural, a partir del modelo de hidroxilapatito (OHAp) propuesto por Sudarsanan y Young (1969), evidencia una buena correspondencia entre ambos valores tanto en lo que respecta a la perfecta definición de las principales caras cristalinas como a su desarrollo cristalográfico (fig. 6).

Los resultados numéricos obtenidos a partir del refinamiento Rietveld (tabla 2) señalan pocas variaciones en lo que respecta a los parámetros de celdilla, como se evidencia en sus relaciones axiales (a:c ~1,3757 ± 0,0013), indicativo de la poca o casi nula incidencia de los factores externos, como inclusión en las escorias volcánicas, cremación y enterramiento, sobre los parámetros de celdilla.

Esta conservación de la estructura cristalina concuerda con los resultados experimentales sobre huesos fósiles (Brophy *et al.*, 1968) que señalan que la estructura del apatito prevalece hasta al menos 1.400 °C.

Sin embargo sí se evidencian claros cambios en la orientación preferente de los cristales respecto al eje [001], puestos de manifiesto por el refinamiento estructural, con valores de 1,21 y 1,15 en los huesos relacionados con las escorias volcánicas, claramente divergentes con los valores unitarios observados en los huesos de referencia, valores que son asimismo coincidentes con los de los huesos calcinados por la cremación.

Otro parámetro significativo, y extensamente utilizado en el estudio de los procesos diagenéticos de las fases inorgánicas de huesos (Sillen, 1989), es la cuantificación del grado de cristalinidad del apatito óseo, en base al desarrollo cristalino que presenta una cara característica (002), en los difractogramas de rayos X.

Los valores medios obtenidos (tabla 2) señalan un importante incremento del desarrollo cristalino en los huesos calcinados por la cremación (0,256), en relación con los valores medios de los huesos tomados como referencia (0,166), mientras que los huesos englobados en la escoria volcánica experimentan un ligero incremento de la cristalinidad (0,173), valores superiores a los determinados para los huesos planos (0,149), fragmentos óseos que no han sido totalmente englobados por la escoria volcánica.

En resumen, los parámetros de cristalinidad así como las relaciones axiales obtenidas mediante el refinamiento de sus estructuras cristalinas señalan una clara preservación del apatito óseo como fase mineral, que sólo ha experimentado algunas variaciones estructurales, a pesar del impacto térmico producido por su englobamiento en los materiales de la erupción volcánica, con temperaturas de 1.020 a 1.010 °C en los flujos de lava y de 950 °C en centros con emisión de gases y piroclastos, o bien por las temperaturas originadas por la cremación próximas a los 500 °C (De Miguel Ibáñez, 2002).

De forma complementaria, los datos químicos (tabla 1) aportan importante información sobre los cambios composicionales que han experimentado las diferentes muestras en estudio.

La confrontación de los componentes elementales más significativos referenciados a los de muestras óseas no afectadas (H-P), señalan variaciones y divergencias composicionales entre los restos óseos incluidos en las escorias basálticas (fig. 7a) y los calcinados por el proceso de cremación (fig. 7b).

Comparativamente se observa una relativa conservación de los componentes constituyentes del

material óseo, con relaciones de calcio, estroncio, fósforo y cloro casi unitarios, y un mayor contenido de carbonato únicamente en los huesos incluidos en las escorias basálticas. El incremento relativo en flúor afecta a ambas tipologías, debido al carácter acumulativo de este elemento en los procesos de enterramiento, mientras que otros componentes, como los sulfatos, son retenidos preferentemente en los huesos de referencia, y junto a los contenidos en humedad presentan relaciones variables. Los componentes ferromagnesianos presentan marcadas anomalías positivas en correspondencia con la presencia de impurezas de óxidos de magnesio y hierro inducidas por las escorias basálticas, como han sido anteriormente señaladas por la difracción de rayos X.

Es significativa la marcada anomalía positiva en contenidos de cobre y cinc, debida a las elevadas concentraciones que presentan los huesos calcinados en relación con los huesos no afectados, materiales óseos relativamente enriquecidos en Cu pero deficitarios en Zn en comparación con los valores medios reportados por Byrne y Parris (1987) para humanos prehistóricos (Cu ~ 2,89 ppm y Zn ~ 126 ppm). Esta deficiencia en cinc, oligoelemento típicamente relacionado con dietas proteicas, sugiere una alimentación predominantemente vegetariana, lo que es apoyado asimismo por las relaciones más elevadas de estroncio sobre calcio ($1,12 \pm 0,1$), de acuerdo con lo propuesto por Sillen (1981, 1984) y Subirá (1993), mientras que las concentraciones más elevadas de cobre estarían probablemente relacionadas con la ingesta de algunos frutos secos.

Esta anomalía, anteriormente señalada, contrasta claramente con la deflexión que presentan en estos elementos, Cu y Zn, los materiales óseos incluidos en las escorias volcánicas, por lo que la erupción basáltica, con valores relativamente elevados (Cu ~ 71 ppm y Zn ~ 103 ppm), está excluida como mecanismo de aporte de estos elementos.

Otros metales de transición como Cr, Co y Ni, son preferentemente retenidos en las fases minerales basálticas, mientras que los elementos traza típicamente incompatibles como Cs, Rb, Ba, Th, Nb, Ta, Zr y Hf, permanecen en el fundido enriqueciéndolo, por lo que la interacción del material volcánico con los fragmentos óseos englobados en las escorias es directamente responsable de los incrementos observados en estos elementos (fig. 7a) pero de forma discriminante en función del grado de penetración del material lávico en la estructura ósea.

Lógicamente estas tendencias son contrapuestas a las observadas en los huesos calcinados (fig. 7b)

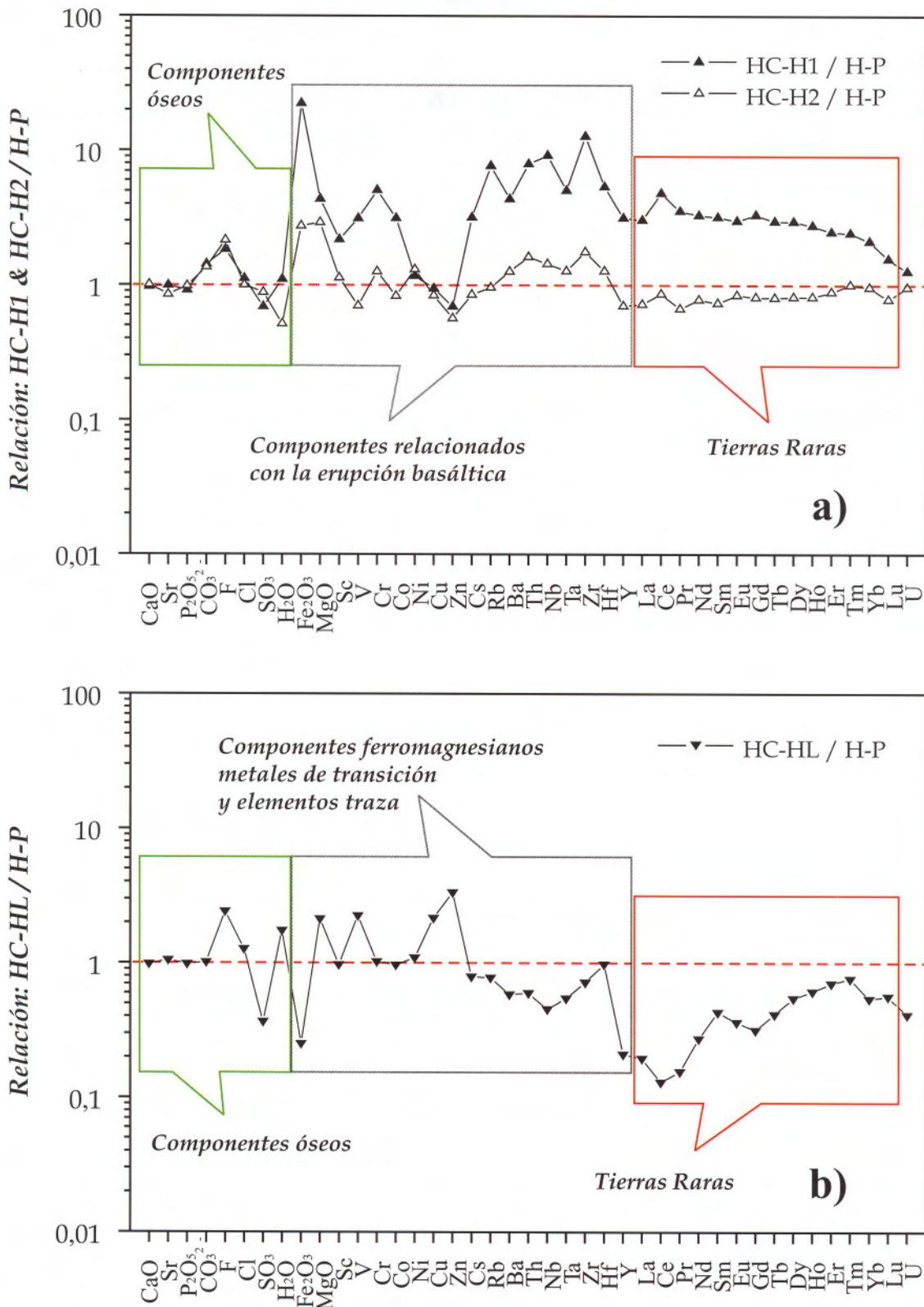


Fig. 7.—Diagramas de los componentes elementales de los materiales óseos: a) englobados en las escorias basálticas y b) calcinados por cremación, normalizados respecto a los huesos no afectados tomados como referencia.

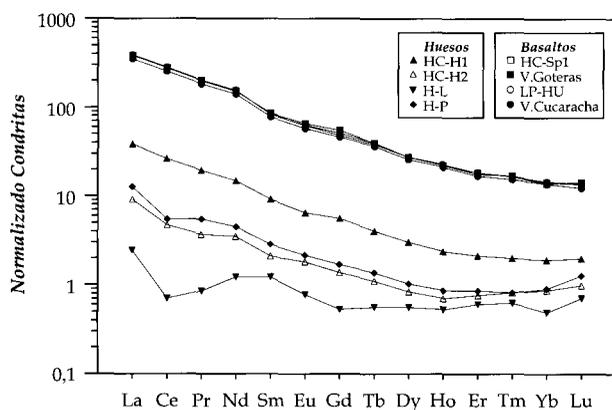


Fig. 8.—Concentraciones de Tierras Raras normalizadas respecto a condritas (Sun y McDonough, 1989) de los materiales óseos y basálticos de la necrópolis y del volcán La Cucaracha, así como de los materiales lávicos de Montaña Goteras.

que en general presentan una pérdida generalizada de estos componentes elementales respecto a los huesos tomados como referencia (H-P).

Los contenidos en tierras raras tienen una importante dualidad interpretativa debido a la afinidad que estos elementos traza junto al Y presentan para ser retenidos y originar sustituciones en las estructuras de los cristales de apatito (Fleet y Pan, 1995, 1997), y al mismo tiempo por su carácter relativamente incompatible que presentan las tierras raras ligeras (LREE) frente a las tierras raras medias (MREE) y pesadas (HREE), variaciones definitorias de los procesos magmáticos (Sun y McDonough, 1989).

En nuestro caso la proyección de los resultados obtenidos (fig. 7a) señalan una respuesta divergente. Los fragmentos óseos que han sido incluidos en las escorias basálticas presentan un marcado enriquecimiento en REE con valores decrecientes hacia las HREE y el U, mientras que los fragmentos de huesos planos asociados a las escorias basálticas, pero sólo en contacto externo con el material volcánico, presentan relaciones de concentración casi equivalentes a los valores de referencia e incluso con un ligero decremento algo más acentuado en las LREE.

En los huesos calcinados (fig. 7b) se observa una deflexión muy significativa en tierras raras ligeras, que afecta asimismo a los contenidos en Y y U, tendencias que podrían relacionarse con pérdidas generalizadas de elementos traza y en particular de REE debido a los procesos de cremación.

Para establecer relaciones comparativas entre los materiales basálticos y las muestras óseas estudiadas se han proyectado de forma conjunta los conte-

nidos de tierras raras normalizados respecto a condritas (Sun y McDonough, 1989). Los resultados obtenidos (fig. 8) confirman las apreciaciones anteriormente señaladas.

La muestra calcinada (H-L) ocupa el nivel inferior del diagrama, con bajas relaciones próximas a los valores condriticos, a excepción del La, Nd y Sm, mientras que los huesos no afectados tomados como referencia (H-P) y el hueso plano asociado a las escorias basálticas (HC-H2) presentan tendencias de variación e inflexiones claramente coincidentes. Pero son los fragmentos óseos incluidos en la escoria volcánica (HC-H1) los que han experimentado un mayor enriquecimiento en todo el rango de las tierras raras, con tendencias subparalelas en clara coincidencia con los materiales basálticos, indicativo de la importante incidencia del proceso eruptivo sobre los mismos.

Discusión

Parece complejo intentar establecer alguna correspondencia lógica entre las diferentes tipologías de huesos agrupados en un mismo enterramiento y la presencia de fragmentos óseos incluidos en escorias volcánicas relacionadas con un entorno geológico constituido por numerosos centros eruptivos, problemática que realmente constituye el tema crucial del estudio.

En principio la edad de los huesos, datados en 860 AD, y las características petrográficas y geoquímicas de los materiales basálticos delimitarían de forma significativa este entorno, pero son los datos obtenidos mediante el estudio geoquímico los que sin duda presentan un mayor espectro de variables en correspondencia con tipologías tan dispares.

En nuestro caso la aplicación de un estudio estadístico, mediante el programa NTSYS v 3.1, ha permitido el planteamiento de un «análisis discriminante» basado en el cálculo de los componentes principales (PCA), para el que se han tomado en consideración todos los constituyentes elementales de las muestras analizadas (tabla 1). Los resultados obtenidos han permitido el agrupamiento de las muestras volcánicas y de los diversos fragmentos óseos en base a los dos factores discriminantes principales, como se observa en la representación gráfica (fig. 9).

Estos resultados son totalmente coherentes con las premisas anteriormente presentadas a lo largo del trabajo. Los materiales volcánicos correspondientes al volcán La Cucaracha y de Montaña Goteras quedan perfectamente individualizados en función de los factores discriminantes, basados en sus

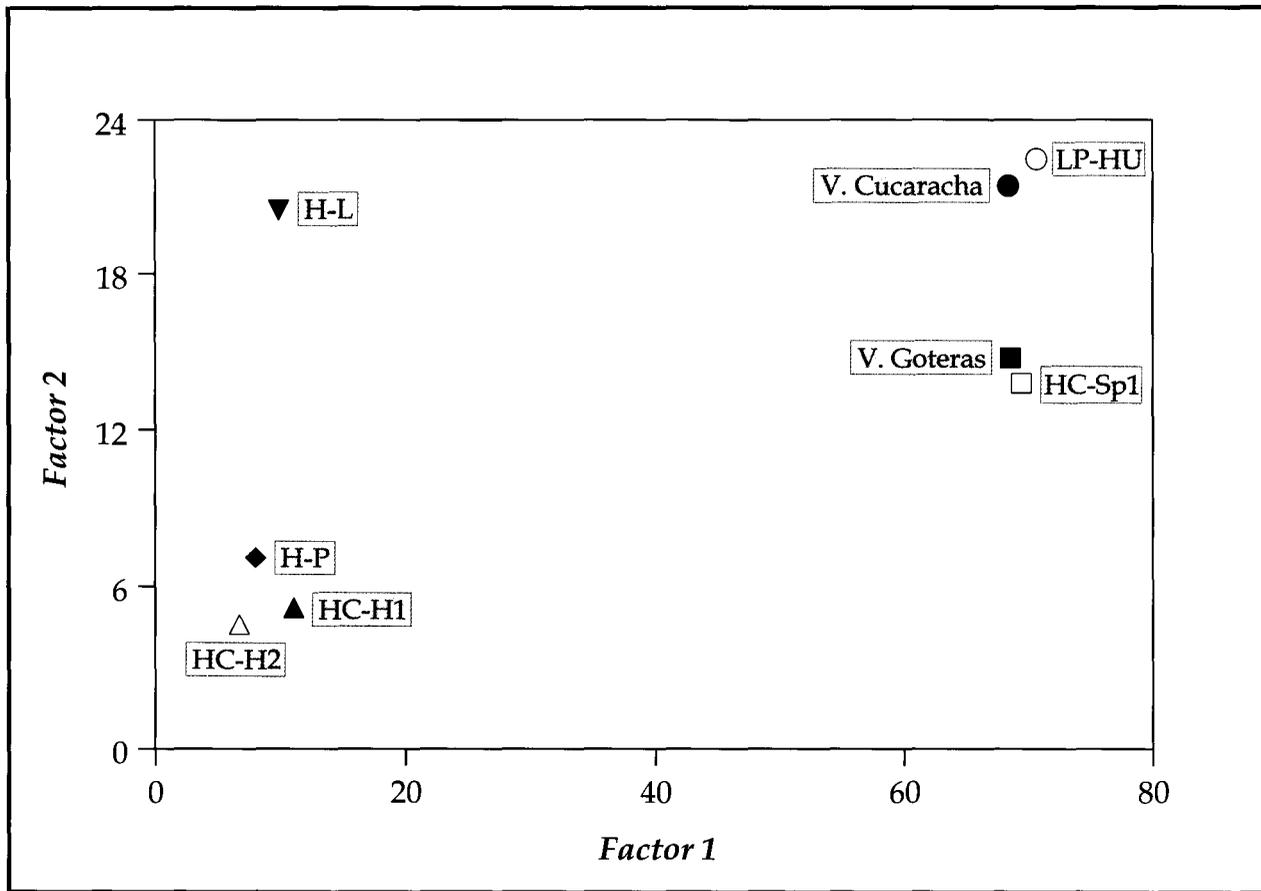


Fig. 9.—Representación gráfica de las muestras estudiadas, fragmentos óseos y centros eruptivos de La Cucaracha y Montaña Goteras, agrupadas en función de los dos factores discriminantes resultantes del análisis estadístico de los componentes principales (PCA).

componentes elementales, y en lógica correspondencia con las características de centros eruptivos correspondientes a formaciones volcánicas diferentes y separadas en el tiempo.

Es evidente la conexión que presentan las escorias basálticas, que contienen los fragmentos óseos (HC-Sp1), respecto al centro eruptivo de Montaña Goteras con el que están geoquímicamente relacionados.

Más llamativas son las asociaciones que presentan las diferentes tipologías de huesos. Los fragmentos óseos (HC-H1) y (HC-H2) quedan agrupados por sus características composicionales y de yacimiento, pero sorprendentemente en proximidad con los huesos no afectados (H-P), lo que corrobora una importante preservación de la materia ósea en consonancia con los resultados obtenidos por el análisis de la estructura cristalina del apatito óseo. Más distante, en un extremo del diagrama, se pro-

yectan los huesos calcinados (H-L) como respuesta a los importantes cambios composicionales inducidos por el proceso de cremación.

Conclusiones

El escenario que se presenta es el de un poblado de aborígenes benahoaritas que practicaban la agricultura y tenían una economía fundamentalmente pastoril, ocupando una extensión relativamente importante (Pais Pais, 1996).

El asentamiento fué afectado por una violenta y súbita erupción volcánica, identificada como la de Montaña Goteras, con gran profusión de materiales efusivos como tobas, escorias y piroclastos que cubrió la mayor parte de la zona donde se asentaba el poblado (fig. 1).

Este volcanismo hidromagmático estudiado en detalle por De la Nuez y Quesada (1999), es descrito como una erupción de alta explosividad y peligrosidad que se inicia bajo el mar con emisión de materiales hialoclastíticos de tonos grises-amarillentos con fragmentos de grano fino (~0,5 cm), y cuya actividad se continua con el desarrollo de una actividad típicamente estromboliana con el incremento en el tamaño de los fragmentos líticos y marcadas estructuras de impacto, actividad explosiva de la Montaña Goteras que continuó con sucesiones de piroclastos que alcanzaron más de 40 m de espesor.

Las observaciones macroscópicas de las escorias basálticas que engloban los restos óseos, señalan la presencia de fragmentos escoriáceos con tamaños medios (~4-5 cm), valores más acordes con un episodio estromboliano de la erupción, que se caracteriza por la emisión de gases y materiales efusivos con temperaturas inferiores (~950 °C)* a los típicos de flujo de lava (1.040-1.020 °C)*, lo que aumentaría sensiblemente la viscosidad de lavas.

Los valores de viscosidad teóricos calculados para las escorias basálticas que engloban los fragmentos óseos (McBirney y Murase, 1984) son del orden de 10^4 a 10^5 poises, para temperaturas superiores al punto de fusión y contenidos en fenocristales del 33-37 %, valores superiores a los determinados por Machado y Pliego (1974) en la erupción del Teneguía, lo que significaría importantes incrementos en su grado de explosividad.

El problema suscitado plantea el interrogante de si los fragmentos óseos englobados por las escorias basálticas, de la erupción prehistórica de Montaña Goteras, corresponden a huesos de un enterramiento anterior, o bien si la erupción de este importante centro volcánico originó víctimas humanas, para cuya certeza se requiere el análisis forense, actualmente en estudio.

En todo caso los restos humanos englobados por las escorias de la erupción de Montaña Goteras fueron posteriormente enterrados, como era tradición de los aborígenes (Pais Pais, 2001), en una oquedad natural del cráter volcánico de la Cucaracha, lugar más seguro, y que se utilizó únicamente como lugar de enterramiento.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a M^a Isabel Ruiz Pineda y M^a Asunción Vallejo Haya, del Laboratorio de Geoquímica (MNCN-CSIC), por los análisis de elementos mayores. A Roberto Gar-

cía, del Laboratorio de Electroforesis (MNCN-CSIC), por la determinación de aniones. Los elementos traza y tierras raras fueron analizados por Olga Cazalla Vázquez en el Laboratorio de ICP-MS del Centro de Instrumentación Científica de Granada. A Rafael González Martín, del Laboratorio de Difracción de Rayos X (MNCN-CSIC), por la realización de los difractogramas. A Manuel Castillejo y José Manuel Hontoria del Laboratorio de preparación de muestras (MNCN-CSIC).

A José López Ruiz por la revisión del trabajo y a Pauline Agnew por la redacción en inglés del resumen.

Referencias

- Brophy, G. P. and Nash, J. T. (1968). Compositional, infrared and X-ray analysis of fossil bone. *Amer. Mineral.*, 53, 445-454.
- Byrne, K. B. and Parris, D. C. (1987). Reconstruction of the Diet of the Middle Woodland Amerindian Population at Abbott Farm by Bone Trace-Element Analysis. *Amer. J. Phys. Anthropol.*, 74, 373-384.
- Carracedo, J. C.; Badiola, E. R.; Guillou, H.; De La Nuez, J.; Hernández Pacheco, A.; Pérez Torrado, F. J.; Cabrera, M. C.; La Moneda, E.; Hansen, A. y Cueto, L. (2001 a). Mapa geológico de España (MAGNA), Sur de La Palma (Memoria) y Hojas 1085-I-IV a 1087-I-II. Inst. Tecnol. GeoMin. España (ITGE), Madrid.
- Carracedo, J. C.; Badiola, E. R.; Guillou, H.; De La Nuez, J. and Pérez Torrado, F. J. (2001 b). Geology and Volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. *Estudios Geol.*, 57 (5-6), 175-273.
- De la Nuez, J. y Quesada, M. L. (1999). El edificio hidromagmático de Montaña Goteras en La Palma (Islas Canarias). *Bol. Geol. Min.*, 110-1, 19-24.
- De Miguel Ibáñez, M. P. (2002). Estudio paleopatológico de las cremaciones procedentes de la necrópolis ibérica de la Albufereta (Alicante). *Actas del V Congreso Nacional de Paleopatología*, Alcalá la Real, Madrid.
- Fleet, M. E. and Pan, Y. (1995). Site preference of rare earth elements in fluorapatite. *Amer. Mineral.*, 80, 329-335.
- Fleet, M. E. and Pan, Y. (1997). Site preference of rare earth elements in fluorapatite: binary (LREE+HREE)-substituted crystals. *Amer. Mineral.*, 82, 870-877.
- Le Bas, M. J.; Le Maitre, R. W.; Streckeisen, A. and Zanettin, B. (1986). A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *J. Petrol.*, 27, 745-750.
- Martín Ramos, J. D. (1990). PLV: Programa para la interpretación de diagramas de polvo. D-legal M-11719. Registro 08605. Versión 2002.04.
- Machado, F. and Pliego, D. (1974). Rheology of the lava of Teneguía eruption (Island of La Palma, Canary Islands, 1971). *Estudios Geol.*, vol. Teneguía, 35-40.
- McBirney, A. R. and Murase, T. (1984). Rheological properties of magmas. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 12, 337-357.

* Medidas de temperatura efectuadas mediante pirómetro óptico sobre diferentes centros eruptivos estrombolianos del volcán Teneguía (1971).

- NTSYSpc (1996). Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Versión 1.80.
- Pais Pais, F. J. (1996). La economía de producción en la Prehistoria de la isla de La Palma: La Ganadería, Dirección General de Patrimonio Histórico (Santa Cruz de Tenerife). *Estudios Prehispánicos*, 3, 537 págs.
- Pais Pais, F. J. (2001). La necrópolis de La Cucaracha. *El Municipio*, Publicación de información municipal de la Villa de Mazo, La Palma, 5, abril, 19.
- Rodríguez-Carvajal, J. (1998). FullProf: Rietveld, Profile Matching & Integrated Intensities Refinement of X-Ray and/or Neutron Data (powder and/or single crystal). Program FullProf. Versión 3.5d.
- Sillen, A. (1981). Strontium and diet at Hayonim Cave (Israel). *Amer. J. Phys. Anthropol.*, 56 (2), 131-137.
- Sillen, A. (1984). Dietary change in the Epi-Paleolithic and Neolithic of the Levant: the Sr/Ca evidence. *Paleorient*, 10 (1), 149-155.
- Sillen, A. (1989). Diagenesis of the inorganic phase of cortical bone. In: *The chemistry of prehistoric human bone* (T. D. Price, edit.) Cambridge University Press, Cambridge, 211-229.
- Subirá, M. E. (1993). Estudio de la dieta humana a través del análisis de elementos químicos. *Revista de Arqueología*, 144, abril, 7-13.
- Sudarsanan, K. and Young, R. A. (1969). Significant precision crystal structural details: Holly Springs hydroxyapatite. *Acta Crystal.*, B25, 1534-1543.
- Sun, S. S. and McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: *Magmatism in the Ocean Basins* (A. D. Saunders and M. J. Norry, edit.) *Geol. Soc. Sp. Pub.*, 42, 313-345.

Recibido el 14 de enero de 2002.
Aceptado el 21 de marzo de 2002.