



ESTUDIO GEOARQUEOLÓGICO DEL YACIMIENTO DE EL BEBEDERO (SIGLOS I A.C. A XIV D.C., LANZAROTE, ISLAS CANARIAS)

Geoarchaeology of El Bebedero site (Lanzarote, Canary Islands)

Constantino Criado ⁽¹⁾ y Pablo Atoche ⁽²⁾

(1) *Departamento de Geografía. Universidad de La Laguna. 38071 La Laguna (Tenerife).
email: ccariado@ull.es*

(2) *Departamento de Ciencias Históricas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Plaza Constitución s/n. 35003 Las Palmas de Gran Canaria.*

Resumen: a partir del análisis de los sedimentos y del contenido arqueológico y paleontológico de los diferentes estratos, puestos al descubierto durante las excavaciones efectuadas en El Bebedero, se han obtenido algunas conclusiones de carácter geoarqueológico. Los datos indican que, entre los siglos I a.C. y IV d.C., la intervención humana sobre el territorio propició la rápida degradación medioambiental del entorno del yacimiento, un proceso que se ralentizó con posterioridad hasta alcanzar el siglo XIV. El resultado más evidente de ese fenómeno fue la profunda destrucción de los suelos, un hecho que, por las pruebas recogidas en otros lugares de la isla, puede haber afectado de manera generalizada a la totalidad del espacio insular.

Palabras clave: Geoarqueología, erosión de suelos, sobrepastoreo, Lanzarote, Islas Canarias

Abstract: the island of Lanzarote can be considered as an arid environment (UNESCO IA = 0.14), so the impacts produced by its early inhabitants triggered significant soil erosion. The sedimentological study of layers taken from the El Bebedero archaeological site gives enough evidence for this theory. The application of different techniques, including grain-size analysis, chemical features, geochemistry and ¹⁴C dates provides some information allows to get some geoarchaeological conclusions. In this sense, the stratigraphical cross-section shows five different layers presenting archaeological richness the number 5 (just the upper member), the 4 and the 3. The upper member of number 5 stratum and the number 4 include some remains – pottery, glass and metals- with roman features. An increase of grain-size mean along with more carbonates, phosphoric oxide, and other data indicate significant soil degradation, produced by overgrazing of goats and sheeps (bones of these animal are abundantly present) from the 1st Century B.C. to the 3rd Century A.D. The strata number III was developed during a long time period, since the 3rd Century A.D. to the 14th Century A.D. In addition, data provided by the palaeontological studies confirm an ecological crisis produced by the introduction of domestic animals and others species –as the rats –. These data show a very important environmental degradation induced by the human activities from the 1st Century B.C. to the 4th Century A.D., being it more moderated since the 4th to the 14th Century A.D. The occurrence of recent alluvial infilling in some of the valleys of the island (i.e., Femes and San José valleys) could indicate that soil erosion phase was produced all over the island. Actually, we are involved in a new research projects to get consistent evidence of this last theory.

Key words: Geoarchaeology, soil erosion, overgrazing, Lanzarote Island, Canary Islands.



Criado, C. & Atoche, P. (2003). Estudio Geoarqueológico del yacimiento de El Bebedero (Siglos I a.C. a XIV d.C., Lanzarote, Islas Canarias). *Rev. C. & G.*, 17 (1-2), 91-104.

1. Introducción

La isla de Lanzarote es la más oriental del archipiélago canario, hallándose separada de la costa sahariana por un canal de algo más de 100 km de ancho (Fig. 1). De origen volcánico y forma alargada, su estructura geológica y la prolongada evolución geomorfológica que ha experimentado explican la presencia de un relieve poco destacado, en el que no existen grandes formas estructurales salvo dos macizos volcánicos miopliocenos, el de Famara en el extremo nordeste, donde se alcanza la mayor altitud de la isla, 670 m, y Los Ajaches en el sudeste, de modelado suave y amplios valles. Entre ambos macizos se suceden alineaciones volcánicas de diferentes edades y con distintos grados de evolución, pequeñas depresiones y amplios espacios cubiertos por arenas eólicas (Romero, 1987; Hansen y Moreno, 1999).

La escasa altitud que presenta Lanzarote, unida a su latitud y cercanía al continente, determina que las precipitaciones anuales sean reducidas, con grandes variaciones interanuales y valores medios anuales en torno a los 140 mm. La temperatura media anual es de 20° C y la ETP, calculada según el método de Thornthwaite, se sitúa en los 940 mm.

El índice de aridez de UNEP (Thomas, 1997) es de 0,14, lo que corresponde a un ambiente árido. En conjunto (tabla 1) la isla de Lanzarote presenta un clima que puede ser definido como BW_hs (desértico cálido con verano seco) según el método propuesto por Köppen (Marzol, 1984).

El yacimiento arqueológico de El Bebedero se localiza en la región central de Lanzarote, muy próximo a la localidad de Tiagua (29° 03' 22.3" N. y 13° 37' 31.3" W.; 200 m.s.n.m.), en el término municipal de Teguise (Fig. 2). Se trata de un asentamiento al aire libre, cuyas características definen uno de los patrones de ocupación del espacio insular desarrollado por los primeros pobladores de Lanzarote, el patrón *en caldera u hoyá* (Atoche, 1992-93), el cual engloba a todos aquellos sitios establecidos en el interior de calderas u hoyas de origen volcánico, por lo general pertenecientes a la Serie Volcánica III (Alonso *et al.*, 1967), con polaridad geomagnética positiva Brunhes, 0,69-0,0 m.a. (Fúster y Carracedo, 1979) y edades entre 0,7 y 0,03 m.a. (Coello *et al.*, 1992), potentes paquetes sedimentarios y en donde las precipitaciones producen la aparición de depósitos estacionales de agua denominados *maretas*.

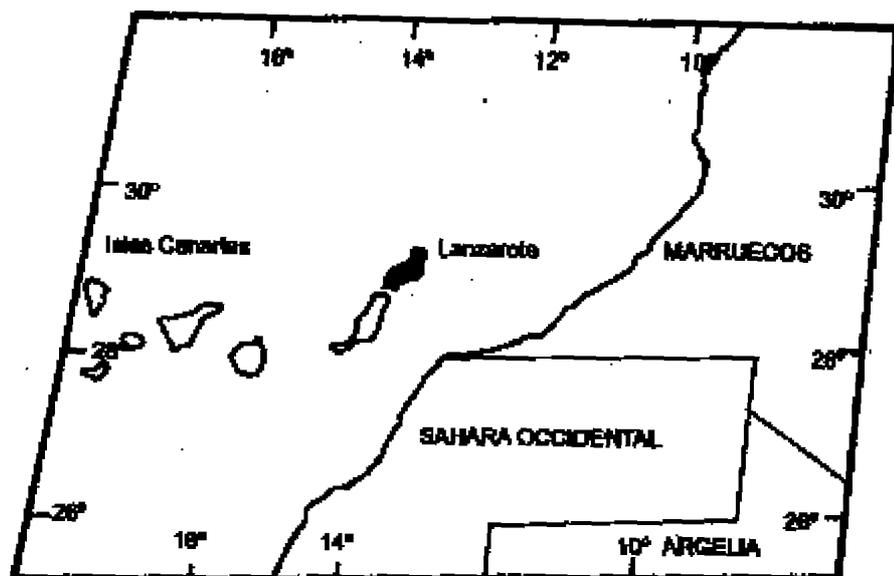


Figura 1. Posición del archipiélago canario en relación con la costa sahariana.
Figure 1. Location of Canary Archipelago in relation with the Saharan Coast.

Tabla 1. Principales parámetros climáticos de la isla de Lanzarote (según Tejedor et al., 1995).
 Table 1. Main climatic features from Lanzarote Island (after Tejedor et al., 1995).

ISLA	Pmm	T° media	T° media ver.	T° media inv.	Amplitud térmica	ETP	Insolación	Nº días despejado	Humedad relativa	Vientos
Lanzarote	140	20	24	16	8	940	65%	130	70%	N-NE

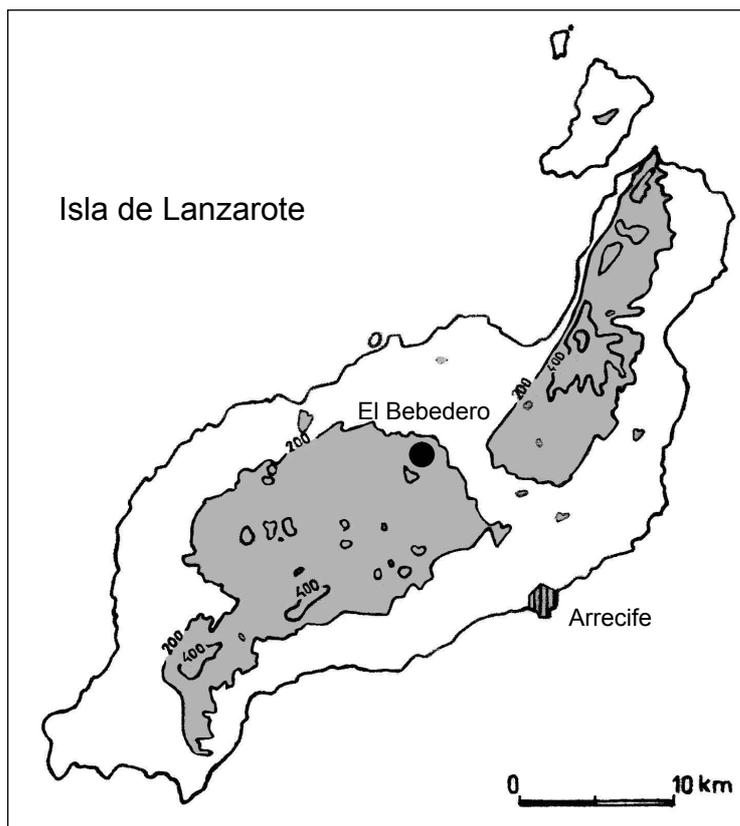


Figura 2. Mapa topográfico de Lanzarote mostrando la localización del yacimiento arqueológico de El Bebedero.
 Figure 2. Topographical map of Lanzarote Island showing the location of Bebedero archaeological site.

La presencia simultánea de suelos fértiles y pequeñas charcas estacionales hicieron de esos sitios entornos ecológicos muy favorables, en especial para los primeros pobladores de la isla quienes tenían en el cuidado del ganado y la agricultura sus principales actividades de subsistencia (Cabrera, 1989 y 1992; Cabrera *et al.*, 1999). Reside precisamente ahí una de las razones que hoy nos permite explicar por qué en esos lugares se produjo la formación de potentes secuencias estratigráficas, conteniendo numerosas evidencias materiales indicativas del establecimiento de grupos humanos a lo largo de un amplio período de tiempo.

2. Secuencia estratigráfica

En El Bebedero se han desarrollado tres campañas de excavación arqueológica (Atoche, 1985-1987, 1989a, 1989b, 1992, 1992-1993, 1993, 1996 y 1997; Atoche y Rodríguez, 1988; Atoche y Paz, 1996; Atoche *et al.*, 1989 y 1995) que han evidenciado una potente secuencia estratigráfica, la cual, a nivel estructural, no ha presentado grandes variaciones de una campaña a otra. El relleno sedimentario se caracteriza por su marcada horizontalidad (Fig. 3), sólo matizada por un ligero buzamiento en sentido norte-sur resultado del acoplamiento de los

sedimentos a la suave pendiente que poseen las laderas interiores de la hoya.

De una manera general, la secuencia estratigráfica está conformada por cinco estratos, bien diferenciados tanto desde el punto de vista sedimentológico como desde el arqueológico.

2.1. Estrato V

Constituido por limo, arena, arcilla y pequeños cantos, los cuales hacia la mitad de la capa adquieren una forma regular, marcando un episodio coincidente con el inicio de la intervención humana en el lugar y la transformación del ecosistema. En el extremo sur de los cortes A7 y A9, la transición entre los estratos V y IV viene indicada por una capa discontinua, de unos 0,10 m de potencia, aspecto ceniciento y color gris rosáceo (Atoche, 1997), aunque por lo general el tránsito entre esos estratos lo determina un depósito poco potente de pequeños cantos.

La potencia arqueológica no supera los 0,35 m, aunque la potencia real del estrato es muy superior

ya que se prolonga hasta el basamento rocoso, de tal manera que a partir de las cotas -1,30/-1,32 m el estrato pierde interés arqueológico aunque lo gana en el ámbito paleontológico, debido a la presencia de fósiles de micromamíferos como la musaraña endémica (*Crocidura canariensis*), el ratón fósil (*Malpaisomys insularis*) o diversas especies de aves (*Tyto alba*, *Tyto SP.*, *Columba SP.*, *Turdus SP.* y *Anthus berthelotti*).

Cuantitativamente, el conjunto de elementos arqueológicos recuperado en este estrato no es muy elevado si se compara con los que se registran en el estrato IV, con el que comparte el mismo ambiente tecnocultural: recipientes cerámicos modelados a mano, sin decorar y con morfologías simples de paredes bajas, bases planas, amplios diámetros y formas de tendencia cilíndrica, troncocónica invertida, casquete esférico, junto a fragmentos de ánforas de época romana. En él se han encontrado restos de cuatro especies de animales domésticos: oveja (*Ovis aries*), cabra (*Capra hircus*), cerdo (*Sus scrofa porcus*) y perro (*Canis familiaris*), aunque las dos últimas repre-

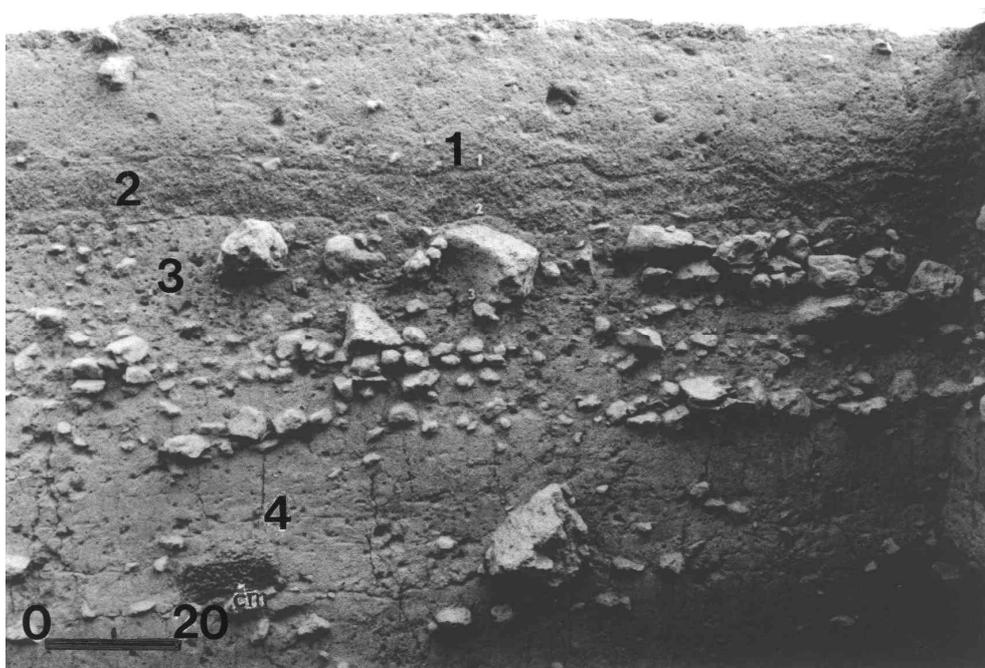


Figura 3. El Bebedero, secuencia estratigráfica de los cortes A7 y A9.
Figure 3. The El Bebedero, cross-section in the profiles A7 y A9.

sentadas en unos porcentajes muy inferiores a las dos primeras. Las dataciones disponibles sitúan el inicio de la actividad humana en este estrato, en algún momento localizado en la segunda mitad del siglo I a.C.

2.2. Estrato IV

Muy compacto y con una potencia que oscila entre los 0,45 y 0,53 m. Está constituido por limo, arena, arcilla y algunos cantos de pequeño tamaño irregularmente repartidos por todo el estrato.

Su contenido arqueológico es una clara continuidad de lo señalado para el estrato anterior, si bien experimenta un importante incremento cuantitativo indicativo de una intensificación de la actividad antrópica en el lugar. Los elementos cerámicos modelados a mano continúan respondiendo a recipientes con idénticas características morfométricas que los del estrato V, mientras que los objetos cerámicos modelados a torno también responden a grandes recipientes anfóricos pertenecientes al ámbito cultural romano, procedencia a la que del mismo modo responden varios fragmentos de objetos metálicos realizados en cobre, bronce y hierro, además de una pequeña cuenta de collar de pasta vítrea (Atoche *et al.*, 1995).

Otros hallazgos materiales de interés lo constituyen las cuentas de collar con forma de tendencia bitruncocónica, elaboradas sobre conchas de moluscos marinos (*Spondylus sp.*), o con forma de tendencia cilíndrica y fabricadas sobre la sección hueca del hueso de una cabra u oveja, además de varios fragmentos de molinos de mano circulares, realizados sobre basalto.

Los restos de fauna doméstica son extremadamente numerosos, y con un porcentaje abrumadoramente alto con respecto a la fauna silvestre. Se trata sobre todo de cabras y ovejas y, en menor medida, de cerdos y perros. Entre los animales no domésticos resulta muy significativa la presencia de la rata (*Rattus cf. rattus*), una especie que parece haber sido introducida en esos momentos en Lanzarote, y restos de diferentes aves (*Corvus corax* y *Buteo buteo*).

Las dataciones disponibles sitúan el final de este estrato en un arco temporal comprendido entre las postrimerías del siglo III d.C. y las primeras décadas del siglo IV d.C.

2.3. Estrato III

Con una potencia que oscila entre los 0,19 y 0,24 m, está constituido mayoritariamente por limo, arena, arcilla y cantos dispuestos de manera irregular, los cuales consiguen en algunas áreas tapizar la casi totalidad de la superficie del estrato a modo de *reg*.

El registro material está marcado por la interrupción de la presencia de objetos de adscripción romana. Los recipientes cerámicos modelados a mano mantienen mayoritariamente unas características morfotécnicas similares a las de los estratos V y IV, aunque aparecen por primera vez vasos de mayor calidad técnica, decorados con motivos realizados con incisiones, impresiones o relieves. El resto del conjunto material está constituido por elementos líticos tallados y pulimentados (bruñidores, tapaderas de grandes contenedores con forma de tendencia circular, molinos de mano circulares...). En esencia, un conjunto material que no supone una ruptura radical con la tradición tecnológica representada en los estratos V y IV y que, por tanto, difícilmente se puede interpretar como resultado de la llegada de nuevos pobladores a la isla sino más bien por todo lo contrario, como un proceso de adaptación surgido en ausencia de contactos externos, hipótesis comprobada recientemente en el ámbito de las industrias líticas talladas (Martín, 2000).

El final del estrato supone de nuevo la aparición de cerámicas modeladas a torno, si bien en este caso con superficies exteriores vidriadas correspondientes al tipo de recipientes que se localiza en el sur de la Península Ibérica y el norte de África tras la conquista árabe. De hecho, las fechas cronométricas disponibles sitúan el desarrollo del estrato III en un arco temporal ubicado entre las primeras décadas del siglo IV d.C. y los inicios del siglo XIV d.C.

2.4. Estrato II

Presenta un desarrollo y una potencia algo irregular, oscilando esta última entre los 0,11 y 0,16 m. Está conformado por ceniza volcánica (*rofe*), limo y algo de arcilla.

A partir de la documentación histórica existente podemos deducir que esta capa resultó de la acumulación piroclástica debida a los eventos explosivos sucedidos entre octubre de 1730 y enero de 1731 dentro de la gran erupción de Timanfaya;

durante esta fase explosiva las cenizas alcanzaron toda este sector de la isla, arruinando aljibes, mareas y campos de cultivo (Carracedo y Rodríguez-Badiola, 1991; Romero, 1991).

2.5. Estrato I

Con una potencia aproximada de 0,27 m, está constituido por limo, arena, arcilla y algunas piedras de pequeño tamaño. Según los testimonios orales recogidos en el lugar se trata de tierra traída desde otros lugares al objeto de preparar un campo de cultivo según la técnica conocida con el nombre del *enarenado*. Contenía escasos restos materiales, entre ellos algunos fragmentos cerámicos pertenecientes a recipientes modelados a torno de cronología tardía.

2.6. Estrato superficial

De escasa potencia, está constituido por ceniza volcánica (*rofe*) de granulometría muy regular, restos de la capa superficial del antiguo *enarenado*. El registro material es de una gran pobreza, integrado sólo por elementos de compleja filiación cultural y cronológica.

Aunque para los estratos I y superficial carecemos de referencias cronométricas, la información oral señala que ambas capas son el resultado de la construcción de un *enarenado* en la década de los años cuarenta del pasado siglo XX y donde se realizaron tareas agrícolas hasta hace sólo un par de décadas. Por esa razón, gran parte de los elementos materiales arqueológicos que contienen llegaron al lugar mezclados con los sedimentos transportados a lomos de camellos y mulos, formando así un depósito secundario ajeno al sitio.

Para la secuencia estratigráfica de El Bebedero disponemos de una serie de dataciones de ^{14}C que permiten delimitar con cierta precisión los ámbitos temporales entre los que se mueven los diferentes estratos. Las fechas (tabla 2) se han obtenido en el Isotope Physics Laboratory de la Universidad de Groningen mediante el análisis radiométrico de muestras de distinta naturaleza, o por el más reciente AMS (Accelerator Mass Spectrometry).

3. Sedimentología

3.1. Análisis sedimentológico

Sobre el perfil estratigráfico del corte A1 (campana de excavaciones de 1985), de 1,65 m de potencia, se efectuó la recogida de muestras de cada uno de los estratos reconocibles, las cuales fueron analizadas en el laboratorio del Departamento de Geografía de La Universidad de La Laguna y en el SIDIX (Servicio General de Difracción de Rayos-X de la ULL); para los estratos V, IV y III se realizaron análisis de óxidos totales en ACTLABS (Ontario, Canadá).

Las pruebas efectuadas han incluido la determinación de la pedregosidad ($\% > 2 \text{ mm}$), identificación del color Munsell (en seco y húmedo), análisis textural por método densimétrico Bouyoucos, calcimetría por el método de Bernard, pH en agua (1:2,5), conductividad eléctrica (extracto 1:1), determinación de la materia orgánica, identificación mineralógica por difracción de rayos-X, análisis de óxidos totales y la granulometría de la fracción arenosa (incluyendo la obtención de parámetros granulométricos). Como resultado de todo ello

Tabla 2. Dataciones cronométricas obtenidas en El Bebedero.
Table 2. Cronologies for the El Bebedero archaeological site.

ESTRATO	REFERENCIADE LABORATORIO	FECHAS (Sin calibrar)	MATERIAL DATADO	TÉCNICA USADA
III	GrA-2463	635±50 B.P.=1315 d.C.	Hueso	AMS
	GrN-19192	1635±90 B.P.=315 d.C.	Hueso	Radiométrica
IV	GrN-15804	1840±30 B.P.=110 d.C.	Hueso	Radiométrica
	GrN-19195	1895±120 B.P.=55 d.C.	Hueso	Radiométrica
	GrN-15762	1950±60 a.C.=0 d.C.	Carbón vegetal	Radiométrica
	GrN-19194	1980±140 B.P.=30 a.C.	Hueso	Radiométrica
V	GrA-2477	1980±50 B.P.=30 a.C.	Carbón vegetal	AMS

se ha podido determinar que las diferentes unidades sedimentarias que componen la secuencia estratigráfica de El Bebedero presentan las siguientes características (Figura 4, tablas 3, 4, 5, 6 y 7):

Estrato V. El color en seco es 7.5 YR-5/6 (dark brown), mientras que en húmedo es 7.5 YR-4/4 (brown). Con algunos bloques en la base del perfil. Sólo el 0,6% de la muestra supera los 2 mm de diámetro. La textura es franco-limosa, con el 8,5% de arcilla, el 62,9% de limo y el 28,6% de arena. Los carbonatos suponen el 3,3%; el pH es de 8,1; la materia orgánica es inapreciable y la c.E. es de 23 dS/m.

Estrato IV. El color en seco es 10 YR-5/4 (yellowish brown), mientras que en húmedo es 10 YR-4/4 (dark yellowish brown). Frente a lo que hallamos en el estrato anterior, en éste el 26,1% de la muestra tiene más de 2 mm de diámetro, comprendidas algunas inclusiones de fragmentos óseos de ovicápridos. La textura es franco-limosa, con un 14,8% de arcilla, un 49,9% de limo y un 35,3% de arena. Los carbonatos se incrementan al 13,4%; el pH sube a 8,4; la materia orgánica sube al 0,2% y la c.E. desciende a 5 dS/m.

Estrato III. El color en seco es 10 YR-5/4 (yellowish brown), mientras que en húmedo es 10 YR-3/3 (dark brown). El 21,5% de la muestra tiene más de

2 mm de diámetro, comprendidas algunas inclusiones de fragmentos de conchas marinas y de huesos de ovicápridos. La textura es franco-limosa, con un 15,2% de arcilla, un 54,5% de limo y un 30,0% de arena. Los carbonatos descienden al 5,8%; el pH es de 8,3; la materia orgánica sigue subiendo hasta el 0,4% y la c.E. desciende a 4 dS/m.

Estrato II. Se trata de una capa de piroclastos finos de naturaleza basáltica. El color de la fracción < 2 mm en seco es 10 YR-5/4 (yellowish brown), mientras que en húmedo es 10 YR-3/3 (dark brown). El 17,1% de la muestra tiene más de 2 mm de diámetro. La textura es arenosa, con un 3,6% de arcilla, un 14,0% de limo y un 82,4% de arena. Los carbonatos continúan descendiendo, alcanzando sólo el 2,5%; el pH es 8,3; la materia orgánica es inapreciable y la c.E. también desciende a 2 dS/m.

Estrato I. El color en seco es 7.5 YR-5/6 (dark brown), mientras que en húmedo es 7.5 YR-3/4 (dark brown). El 8,4% del peso de la muestra tiene más de 2 mm de diámetro; la textura es franco-limosa, con el 14,7% de arcilla, el 51,2% de limo y el 34,1% de arena. Los carbonatos ascienden al 3,7%; el pH es 8,3; la materia orgánica es del 0,6% y la c.E. de 3 dS/m.

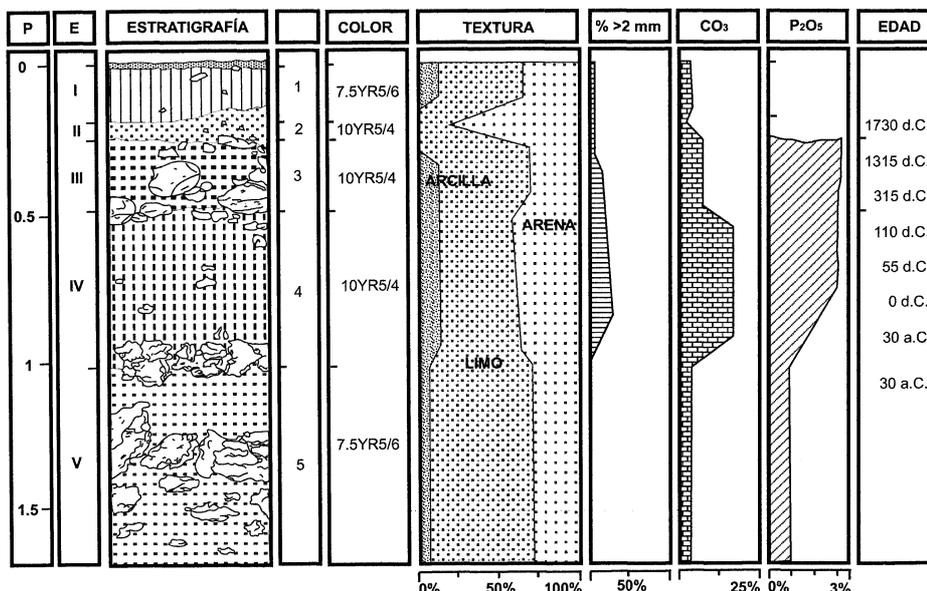


Figura 4. Perfil combinado mostrando la estratigrafía del yacimiento de El Bebedero y las variaciones de los parámetros sedimentológicos y geoquímicos más significativos.

Figure 4. Cross-section showing the stratigraphical disposition of the El Bebedero archaeological site and the changes in the most conspicuous sedimentological and geochemical parameters.

Tabla 3. Color Munsell, pedregosidad y análisis textural.
 Table 3. Munsell Colour, % grains > 2 mm and texture.

ESTRATO	COLOR MUNSELL	FRACCIÓN % > 2 mm.	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
I	7.5 YR-5/6	8,4	34,1	51,2	14,7
II	10 YR-5/4	17,1	82,4	13,9	3,6
III	10 YR-5/4	21,5	30,0	54,7	15,2
IV	10 YR-5/4	26,1	35,3	49,9	14,8
V	7.5 YR-5/6	0,6	28,6	62,9	8,6

Tabla 4. Valores de algunas variables químicas de las muestras analizadas.
 Table 4. Several chemical features of the samples analyzed.

ESTRATO	pH	c.E.	M.O. (%)	CO3 (%)
I	8,3	3 dS/m	0,6	3,8
II	8,3	2 dS/m	—	2,5
III	8,3	4 dS/m	0,4	5,8
IV	8,4	5 dS/m	0,2	13,4
V	8,1	23 dS/m	—	3,3

Tabla 5. Valores porcentuales obtenidos por tamizado de la fracción arenosa de las muestras. La luz de la malla de los tamices se expresa en unidades Ø.

Table 5. Values in % obtained sieving the sandy fractions of the samples. The diameter of the sieves has been represented in Ø units.

Estrato	-0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
I	13,0	19,3	21,7	14,9	10,6	5,9	3,1	2,5	5,2	3,5
II	9,0	15,8	20,5	18,0	15,0	9,6	4,7	2,9	3,1	1,2
III	8,4	7,2	11,2	10,2	10,0	10,5	8,9	9,5	14,2	8,9
IV	5,9	7,6	8,0	7,1	9,2	11,0	11,4	11,5	17,3	10,8
V	0,2	0,2	0,1	0,2	1,0	2,3	8,4	8,4	47,1	36,4

Tabla 6. Parámetros granulométricos de la fracción arena.
 Table 6. Grain-size parameters of sandy fraction.

Estrato	Mediana	Clasificación	Desviación standard
I	0,03	1,65	1,02
II	0,93	1,40	0,92
III	1,65	1,80	1,35
IV	1,85	1,82	1,32
V	3,36	0,80	0,75

Tabla 7. Resultados de los análisis geoquímicos en porcentajes de óxidos totales.
 Table 7. Results of geochemical analysis as percent of total oxides.

E.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI	TOTAL
III	44,18	12,07	8,23	0,16	4,47	8,98	1,00	2,26	1,60	2,95	13,12	99,01
IV	38,97	10,30	6,41	0,13	4,17	13,88	0,89	2,26	1,29	2,72	18,26	99,28
V	48,50	14,47	8,79	0,11	2,69	3,51	0,79	3,58	1,60	0,84	15,36	100,26

3.2. Granulometría de la fracción arenosa

Algunos de los resultados obtenidos en el cálculo de los parámetros granulométricos (tabla 6) presentan gran interés de cara a complementar nuestra interpretación paleoambiental, de tal manera que, si exceptuamos los estratos I y II, en los estratos V, IV y III se aprecia un progresivo incremento del valor mediano a medida que se asciende en la secuencia estratigráfica (tabla 6). Así, el tamaño mediano en el estrato V es de 3,36 ϕ , en el estrato IV es de 1,83 ϕ y en el estrato III es de 1,65 ϕ . Por otro lado, los datos de la desviación standard muestran una clasificación peor conforme cambiamos del estrato V (0,75) al IV (1,32) y al III (1,35). Por lo que al parámetro de clasificación (*simple sorting measure*) se refiere también refleja un incremento, en consecuencia una peor clasificación, conforme se asciende del estrato V (0,80) al IV (1,82) y al III (1,80).

De la lectura de los datos anteriores se puede colegir que en El Bebedero y su entorno se produjo un considerable incremento de la energía cinética entre los estratos V y el III, o lo que es lo mismo, entre los siglos I a.C. y IV d.C.

3.3. Geoquímica

Tres muestras correspondientes a los estratos V, IV y III fueron enviadas a Actlabs (Canadá) al objeto de efectuar análisis geoquímicos expresados en porcentajes de óxidos totales; los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.

La interpretación de la geoquímica confirma el enriquecimiento en calcio de los estratos IV y III respecto al V, lo que puede resultar de dos hechos: del desmantelamiento de los suelos con horizontes Bca y por el aporte de los restos óseos depositados en el lugar.

De los resultados anteriores también resulta llamativo el incremento que se produce en los porcentajes de fósforo precisamente en los dos estratos que, desde el punto de vista arqueológico, muestran una intensa ocupación humana y, por tanto, una elevada frecuencia en la presencia de restos óseos pertenecientes a fauna doméstica.

4. Discusión

La lectura cruzada de los datos obtenidos mediante los diferentes análisis llevados a cabo

sobre las muestras de sedimentos de los estratos V, IV y III permite realizar una primera aproximación, al menos en términos morfogenéticos, a la evolución paleoambiental ocurrida en El Bebedero.

Con anterioridad al asentamiento humano en el lugar, el cual se produce en torno al siglo I a.C., se desarrolló una etapa representada geológicamente por gran parte del estrato V, durante la cual la situación que nos muestra la analítica sería la siguiente: las fracciones menores de 50 μm alcanzan el 71,3%, estando prácticamente ausente la fracción gruesa superior a 2 mm de diámetro; del mismo modo es muy escaso el contenido en carbonatos y fosfatos e inapreciable la presencia de materia orgánica, aunque la salinidad es alta. En consecuencia, el estrato V se identifica con la *mareta* original, libre de cualquier intervención antrópica. De esa manera, hasta el momento en que se produjo el establecimiento humano, El Bebedero funcionó como un receptáculo estacional de las aguas de lluvia, las cuales se acumularían durante la estación húmeda para desecarse a continuación, lo que ocasionó el paulatino depósito de sales, fundamentalmente halita, transportada en forma de aerosol desde la cercana costa hasta los suelos circundantes, e identificada como un pico a 2,82 \AA en el difractograma de rayos-X.

Por otro lado, el carácter fino de los sedimentos y la buena clasificación y finura de las arenas que componen el estrato V son indicativos de una situación generalizada de fitoestabilidad, capaz de impedir una eficaz erosión pluvial y el posterior arroyamiento.

Por lo que respecta a la casi total ausencia de materia orgánica, pensamos que se trata de un hecho achacable directamente al carácter estacional de la *mareta*, aspecto responsable de que en la charca y sus sedimentos se haya desarrollado un ambiente oxidante capaz de degradar rápidamente cualquier elemento orgánico.

A la interpretación anterior sólo se le puede contraponer un argumento: la inexistencia de estructuras sedimentarias claras que evidencien la típica deposición laminar de charcas en régimen de baja energía. Esa ausencia parece tener su explicación en la presencia de arcillas esmectíticas (pico en 17 \AA tras solvatación con etilenglicol), capaces de modificar su volumen en función de la cantidad de agua que contengan; en consecuencia, las estructuras laminares pudieron haber sido alteradas, hasta desaparecer, por un proceso continuo de dilatación y contracción.

Por su parte los estratos IV y III muestran un claro incremento en la fracción superior a 2 mm de diámetro, hecho que asociado con el aumento del tamaño medio de la arena y su peor clasificación, constituyen síntomas claros de un acrecentamiento de la erosión.

El hecho de que la primera presencia humana en el lugar se produzca sobre el estrato V, interrumpiendo su proceso natural de formación, sugiere que fue el factor humano el responsable de que las laderas de la hoya, hasta entonces protegidas y estabilizadas por la vegetación, sufrieran un rápido proceso erosivo originado por el tránsito de los hombres y sus animales domésticos. En consecuencia, el sobrepastoreo de cabras y ovejas terminó por causar la exposición del suelo a la acción erosiva de la lluvia, permitiendo el arrastre y la deposición en El Bebedero de elementos cada vez más gruesos.

Por otro lado, la brusca acentuación del contenido en carbonatos que se detecta en el estrato IV con respecto al estrato V, constituye también un claro indicio del incremento de la erosión, la cual acabó por afectar a los niveles más profundos de los suelos argílicos de la zona, ricos en carbonatos en sus horizontes más profundos Bca y Ca (Fernández-Caldas *et al.*, 1987; Hernández *et al.*, 1991; Magaritz y Jahn, 1992; Tejedor *et al.*, 1995). En ese mismo sentido, el alto contenido en carbonatos (67,5 %) y la presencia de nódulos ferromangánicos en algunos lentejones de la base del estrato IV, contribuyen a apoyar aún más la tesis de una rápida destrucción de los suelos argílicos como consecuencia de la acción antrópica.

El estrato IV aporta igualmente otros datos significativos en los que puede encontrarse la explicación al porqué los humanos decidieron ocupar el lugar. En concreto nos referimos al hecho de que, a tenor de las dataciones disponibles, sabemos que el principal acelerón erosivo se prolongó entre los siglos I a.C. y IV d.C., período de tiempo durante el cual ese fenómeno fue parejo a dos hechos arqueológicos de interés: por un lado la presencia de un cuantioso depósito de restos óseos de ovicápridos, que además de incrementar significativamente el porcentaje de fósforo constituye un claro indicio de que en El Bebedero se produjo una muy intensa y continuada matanza de esos animales, y por otro lado la existencia de elementos pertenecientes a ámbitos culturales romanizados del Mediterráneo occidental.

A partir del estrato III, en un momento situado en la primera mitad del siglo IV d.C., la situación en

El Bebedero alcanzó un cierto grado de estabilidad que se prolongó hasta el siglo XIV d.C.. Esta interpretación se sustenta, entre otros hechos, en la disminución de las tasas de acumulación desde 1,3 mm/año en el estrato IV a 0,18 mm/año en el estrato III. La razón que explica ese fenómeno parece radicar en un uso decreciente del sitio a partir del siglo IV d.C.; el lugar no se abandona pero la ocupación se hace mucho menos intensa, perdiendo importancia las actividades relacionadas con el sacrificio de ovicápridos y el aprovechamiento de sus recursos. Además, la mayor frecuencia con que se registra a partir de entonces la presencia de restos de cabras en relación con los de ovejas, hasta esos momentos con unos índices porcentuales similares, unido a la circunstancia de que las primeras posean una mayor capacidad de adaptación a ambientes degradados, constituye sin duda un indicio más de que se había alcanzado una situación medioambiental en la que la vegetación y los suelos se hallaban en un avanzado nivel de degradación. De este modo, la pérdida de capacidad de almacenamiento de agua de la marena original determinaría que su utilización se efectuara sólo en periodos más cortos, con lo cual el relleno inducido por la actividad del ganado sería mucho más lento. Por otra parte, el cambio en el ritmo de relleno del estrato IV al III permite plantear la posibilidad de que una interrupción de los contactos con navegantes foráneos, con la consiguiente desaparición de los posibles intercambios comerciales, determinase asimismo una explotación menos intensa del territorio.

Somos conscientes de que nos queda para futuros trabajos intentar corroborar los procesos descritos de transformación del medio a través de la información que pueda provenir de la intervención de otras disciplinas. La Antracología, aplicada a los carbones arqueológicos de la Cueva de Villaverde (Fuerteventura) ha sugerido algunas posibilidades paleoambientales hasta ahora insospechadas para las islas orientales (Machado, 1996 y 1999). Por ahora, el análisis de los restos faunísticos recuperados en El Bebedero (Atoche *et al.*, 1989; Martín *et al.*, 1998) (tabla 8) nos indica que en la isla, con anterioridad a la arribada de los primeros pobladores, se hallaban presentes varias especies endémicas de micromamíferos, propias de los ecosistemas de las Canarias orientales (*Crocidura canariensis*, *Malpaysomis insularis*), junto con una notable variedad de especies de aves.

La introducción de la rata (*Rattus CF. rattus*), especie que parece haber alcanzado la isla de Lanzarote en un momento coincidente con el inicio de la presencia humana, pudo haber estado relacionada con la extinción del múrido fósil *Malpaysomis insularis*. La introducción de la rata sería indicativa de que las primeras arribadas poblacionales no se debieron producir con medios de fortuna –almadías, etc– sino con embarcaciones de mayor desarrollo técnico (susceptibles de ofrecer escondrijos a los roedores), lo que unido a las fechas de ^{14}C y a la presencia de restos arqueológicos romanos en los estratos V y IV, apoya la idea de la presencia en la isla de navegantes procedentes del llamado *Círculo del Estrecho*.

Las restantes especies silvestres registradas en El Bebedero resultan menos significativas, ya que su presencia en el lugar ha perdurado hasta la actualidad; ese es el caso de *Tyto alba gracilirostris*, *Columba livia canariensis* y *Anthus berthelotii berthelotii*. No obstante, la presencia de *Turdus SP.* si constituye un indicio de cierto interés por cuanto que *Turdus merula cabreræ* (mirlo común) habita áreas arboladas y que se le encuentre en Lanzarote podría ser indicativo de la pasada existencia de bosques termófilos, hoy prácticamente desaparecidos en la isla. No obstante, dadas las dificultades que ofrece la identificación de las diferentes especies de *Turdus* a partir de restos óseos, el animal encontrado en el estrato V podría corresponder a alguna especie de zorzal migratorio (por ejemplo *Turdus philomelos*), que aún son frecuentes en la isla durante el invierno (Martín y Lorenzo, 2001). Sin embargo, la probabilidad de la pasada

existencia en la isla de zonas arboladas no debe sorprendernos si tenemos en cuenta que, en la primera mitad del siglo XIX, Webb y Berthelot (1840) citan la existencia de reductos de *Monteverde* (laurél, faya, brezo,...) en las cumbres del Macizo de Famara, en el extremo norte de Lanzarote. Al parecer se trataba de una formación boscosa de carácter termófilo, más abierta que el auténtico bosque de laurisilva (Kunkel, 1982).

Los estudios desarrollados por C. Machado (1996 y 1999) sobre carbones de hogares prehistóricos procedentes de la Cueva de la Villaverde (Fuerteventura) apuntan la desaparición del bosque termófilo como fuente de leña a partir del siglo XI, lo que sería una consecuencia directa de las actividades antrópicas. Sin embargo, los datos palinológicos que se conocen para el N.W. de África señalan el desarrollo de un período árido en el Atlas Medio entre el 3.100 B.P. y el 1.320 B.P. (Lamb *et al.*, 1991; Lamb y Van der Kaars, 1995). Ese sería un fenómeno que quizás estaría indicándonos que las modificaciones medioambientales experimentadas por la isla de Lanzarote como consecuencia de la actividad antrópica pudieron verse favorecidas por una etapa previa poco propicia para la vegetación arbórea presente en ecosistemas tan frágiles como los que caracterizan a las dos islas orientales del archipiélago canario. Esta circunstancia se evidencia en Fuerteventura, donde Coello *et al.* (1999), a través del estudio paleontológico del relleno de la Cueva del Llano, han deducido una tendencia a la aridificación a lo largo del Holoceno, en consonancia con los datos proporcionados por otros autores (Rognon y Coudé-Gaussen, 1987 y

Tabla 8. Distribución estratigráfica de la fauna presente en El Bebedero.
Table 8. The stratigraphical distribution of the fauna found in the El Bebedero.

ESTRATO	Micromamíferos	Fauna doméstica	Aves
III	<i>Mus musculus</i>	<i>Capra hircus</i>	<i>Tyto CF. alba</i>
	<i>Crocidura canariensis</i>	<i>Ovis aries</i>	<i>Calonectris diomedea</i>
	<i>Rattus CF. rattus</i>	<i>Sus scrofa porcus</i>	
IV	<i>Malpaysomis insularis</i>	<i>Capra hircus</i>	<i>Tyto CF. alba</i>
	<i>Mus musculus</i>	<i>Ovis aries</i>	<i>Corvus corax</i>
	<i>Crocidura canariensis</i>	<i>Sus scrofa porcus</i>	<i>Buteo buteo</i>
	<i>Rattus CF. rattus</i>	<i>Canis familiaris</i>	<i>Calonectris diomedea</i>
V	<i>Malpaysomis insularis</i>	<i>Capra hircus</i>	<i>Tyto CF. alba</i>
	<i>Mus musculus</i>	<i>Ovis aries</i>	<i>Columba SP.</i>
	<i>Crocidura canariensis</i>	<i>Sus scrofa porcus</i>	<i>Turdus SP.</i>
		<i>Canis familiaris</i>	<i>Anthus berthelotti</i>

1992; Criado, 1990 y 1991). De hecho, para el área de Cabo Juby, Rognon y Coudé-Gaussen (1987) apuntaron un proceso de aridificación tardío, que sitúan en torno al 2.000 B.P., mientras que con respecto al Sahara Occidental y Mauritania el fenómeno sería progresivo a partir del 3.000 B.P. (Vernet, 1989).

Conclusiones

Si tenemos en cuenta que con anterioridad a la colonización humana de Lanzarote no existían en la isla grandes herbívoros capaces de afectar significativamente a la cobertura vegetal, resulta lógico establecer la hipótesis de que la formación de algunos paquetes sedimentarios asociados a yacimientos arqueológicos debió estar vinculada a fenómenos puestos en marcha por las actividades subsistenciales de los colonizadores insulares, en especial las ganaderas. No obstante, el episodio de aridificación detectado en el vecino continente probablemente también debió ejercer su influencia en las Canarias Orientales, haciendo que las características climáticas se tornasen más secas que en períodos anteriores.

Cabe plantearnos asimismo si el fenómeno observado en El Bebedero podemos extrapolarlo a otras áreas cercanas o incluso a la totalidad de Lanzarote. En ese sentido, nos hallamos en proceso de estudio de otros asentamientos de la isla que ofrecen claros paralelismos con lo observado en El Bebedero, aunque aún no estamos en disposición de afirmar con total seguridad que los procesos de degradación derivados de la introducción del ganado doméstico hayan afectado de manera generalizada a la totalidad de la isla. Los estudios edafológicos desarrollados hasta el momento en Lanzarote señalan la presencia de los denominados *suelos de vega* (Hernández *et al.*, 1991; Tejedor *et al.*, 1995), con carácter fluvéntico, los cuales fosilizan formaciones edáficas más antiguas, normalmente vertisoles coronados por suelos argílicos cuaternarios. La observación a lo largo de la isla de varios cortes antrópicos nos están mostrando algunas estructuras sedimentarias típicamente aluviales, sin duda resultado de la erosión de los suelos de las laderas, donde afloran hoy horizontes petrocálcicos, y que aún soportan manchas residuales de suelos argílicos. De lo anterior se deduce que la pregunta que cabe plantearse como punto de partida para futuras investiga-

ciones es si tales procesos de erosión se vinculan a procesos naturales debidos a antiguas crisis climáticas pleistocenas o del Holoceno Inferior o si, por el contrario, son el resultado de intensos arrastres de suelos derivados del uso ganadero del territorio por los primeros habitantes de la isla, por las poblaciones históricas (siglos XV al XX) o por ambas culturas de manera sucesiva. En este sentido, los *suelos de vega* tendrían un significado similar al *Younger Fill* de Vita-Finzi (Roberts, 1998).

Sin duda el estudio geoarqueológico de la secuencia sedimentaria de El Bebedero abre una interesante línea de trabajo en el panorama arqueológico de las islas, la cual posee una amplia tradición en la Península Ibérica, donde en los últimos años se ha dado a conocer un considerable número de trabajos (Burillo y Peña, 1984; Fumanal, 1982 y 1986; Fumanal y Dupré, 1986; Fumanal y Ferrer, 1998 ; Gutiérrez y Peña, 1992 y 1998; Pellicer e Ibáñez, 1986; Peña *et al.*, 1991; Peña *et al.*, 1996 a y b ; Peña, *et al.*, 1998). Se trata en general de trabajos que estudian formaciones sedimentarias localizadas tanto en laderas como en fondos de valle, con inclusiones de restos arqueológicos y cuya formación se asocia a un incremento de la erosión coincidente con el desarrollo de actividades humanas que, en algún caso, pasan por el abandono de ciertas prácticas conservacionistas, tales como la construcción de bancales. Sin embargo, en esos estudios no existe unanimidad en cuanto a considerar que tales formaciones sedimentarias obedezcan exclusivamente a la acción de un único factor: la degradación ambiental derivada de la acción humana. Por el contrario, la mayor parte de los autores son más partidarios de considerar la combinación de al menos dos factores: la alteración climática que se produce en el tránsito al periodo *Subatlántico* y la actividad antrópica.

Agradecimientos

Este trabajo se inscribe dentro de los estudios que se están realizando en el marco del proyecto de la DGICYT PB98-0738 (*Modelos de poblamiento humano en islas: Incidencia romana en la colonización del Archipiélago Canario*). Nuestro agradecimiento también al Dr. J.C. Rando por habernos facilitado el listado de la avifauna presente en el yacimiento y a M^aA. Ramírez por su colaboración.

Asimismo, queremos mostrar nuestro agradecimiento a los revisores de este trabajo quienes con sus sugerencias y comentarios han ayudado a mejorar la calidad del mismo.

Referencias bibliográficas

- Alonso, U., Fernández, S., Fúster, J.M. & Sánchez, V. (1967). *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Tegui-se (1083)*. I.G.M.E. y C.S.I.C. Madrid.
- Atoche, P. (1985-87). Primera campaña de excavaciones en El Bebedero (Tegui-se, Lanzarote). *Tabona* VI, 465-466.
- Atoche, P. (1989a). La secuencia cultural de El Bebedero (Tegui-se): Aportación al conocimiento de la Prehistoria de Lanzarote. III *Jornadas de Estudios sobre Fuerteventura y Lanzarote*, t. II, 269-282.
- Atoche, P. (1989b). La Prehistoria de Lanzarote a la luz de las recientes investigaciones en El Bebedero (Tegui-se). *Panorama y Perspectivas de la Investigación Arqueológica en Canarias*. Colegio Universitario de Las Palmas. 12 pp.
- Atoche, P. (1992). Análisis morfométrico y funcional de los recipientes cerámicos de los primitivos habitantes de Lanzarote. *Investigaciones Arqueológicas en Canarias*, 3, 39-81.
- Atoche, P. (1992-93). El poblamiento prehistórico de Lanzarote. Aproximación a un modelo insular de ocupación del territorio. *Tabona* VIII (I), 77-92.
- Atoche, P. (1993). Excavaciones arqueológicas en El Bebedero (Tegui-se, Lanzarote). Segunda campaña, 1987. *Eres* (Arqueología) 4 (1), 7-19.
- Atoche, P. (1996). Aproximación al estado actual del Patrimonio Arqueológico de Lanzarote: La Carta Arqueológica. *Tabona* IX, 9-44.
- Atoche, P. (1997). Resultados preliminares de la tercera campaña de excavaciones arqueológicas en El Bebedero (Tegui-se, Lanzarote). 1990. *Vegueta* 2, 29-44.
- Atoche, P. & Rodríguez, M^a.D. (1988). Excavaciones arqueológicas en El Bebedero (Tegui-se, Lanzarote). Primera campaña, 1985. Nota preliminar. *Investigaciones Arqueológicas en Canarias* I, 33-38.
- Atoche, P., Rodríguez, M^a.D. & Ramírez, M^a.A. (1989). *El yacimiento arqueológico de El Bebedero (Tegui-se, Lanzarote). Resultados de la primera campaña de excavaciones*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna. Madrid. 275 pp.
- Atoche, P., Paz, J.A., Ramírez, M^a.A. & Ortiz, M^a.E. (1995). *Evidencias arqueológicas del mundo romano en Lanzarote (Islas Canarias)*. Cabildo Insular de Lanzarote. Arrecife. 149 pp.
- Atoche, P. & Paz, J.A. (1996). Presencia romana en Lanzarote. Islas Canarias. *Sixième Colloque Eurafricain du CIRSS*. Chinguetti (Mauritanie), octubre 1995. *La Nouvelle Revue Anthropologique* (juillet, 1996), 221-257.
- Burillo, F. & Peña, J.L. (1984). Clima, Geomorfología y ocupación humana. Introducción a un planteamiento metodológico. *Primeras Jornadas de Metodología de Investigación Prehistórica (Soria, 1981)*, 91-102.
- Cabrera, J.C. (1989). *Los Majos. Población prehistórica de Lanzarote*. Col. Rubicón. Ed. Cabildo Insular de Lanzarote. Lanzarote. 157 pp.
- Cabrera, J.C. (1992). *La Prehistoria de Canarias. Lanzarote y los majos*. Centro de la Cultura Popular Canaria. Santa Cruz de Tenerife. 116 pp.
- Cabrera, J.C.; Perera, M.A. & A. Tejera (1999). *Majos. La Primitiva Población de Lanzarote*. Fundación César Manrique. Lanzarote. 389 pp.
- Carracedo J.C. & Rodríguez-Badiola, E. (1991). *Lanzarote la erupción volcánica de 1730*. CSIC. Estación Volcánica de Canarias. Lanzarote. 183 pp.
- Coello, J.J., Cantagrel, J.M., Hernán, F., Fúster, J.M., Ibarrola, E., Ancochea, E., Casquet, C., Jamond, C., Díaz de Terán, J.R. & Cendrero, A. (1992). Evolution of the eastern volcanic ridge of the Canary Islands based on new K-Ar data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 53, 251-274.
- Coello, J.J., Castillo, C. & Martín, E. (1999). Stratigraphy, Chronology and Palaeoenvironmental Reconstruction of the Quaternary Sedimentary Infilling of a Volcanic Tube in Fuerteventura, Canary Islands. *Quaternary Research*, 52, 360-368.
- Criado, C. (1990). Dinámica de dunas, paleosuelos y torrencialidad en el Pleistoceno Reciente y Holoceno de Fuerteventura (Islas Canarias). *I Reunión Nacional de Geomorfología*, t. 1, 245-254.
- Criado, C. (1991). *La evolución del relieve en Fuerteventura*. Cabildo Insular de Fuerteventura. 317 pp.
- Fernández-Caldas, E., Tejedor, M.L. & Jiménez, C. (1987). Soil types in the arid zones of the Canary Islands. *Catena*, 14, 317-324.
- Fumanal, M.P. (1982). L'home i el medi durant el Neolític: les aportacions de la sedimentologia. *El Neolític valencià: els primers agricultors i ramaders*. València, Servei d'Investigació Prehistòrica. Diputació Provincial. Cf. Pp. 126-132.
- Fumanal, M.P. (1986). *Sedimentología y clima en el País Valenciano. Las cuevas habitadas en el Cuaternario Reciente*. Valencia. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial. "Trabajos Varios", 83. 207 pp.
- Fumanal, M.P. & Dupré, M. (1986). Aportaciones de la sedimentología y de la palinología al conocimiento del paleoambiente valenciano durante el Holoceno. *Quaternary Climate in Western Mediterranean*. Symposium Madrid. Cf. pp. 325-343.
- Fumanal, M.P. & Ferrer, C. (1998). El yacimiento arqueológico de la Picola (litoral de Santa Pola, España). Estudio geomorfológico y sedimentológico. *Cuaternario y Geomorfología*, 12, 77-93.
- Fúster, J.M. & Carracedo, J.C. (1979). Magnetic polarity mapping of Quaternary volcanic activity of Fuerteventura and Lanzarote (Canary Islands). *Estudios Geológicos*, 35, 59-65.

- Gutiérrez, M. & Peña, J.L. (1992). Evolución climática y geomorfológica del Holoceno Superior (Cordillera Ibérica, Depresión del Ebro y Pre-Pirineo). In: A. Cearreta and F. Ugarte (Eds.). *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*, 109-119.
- Gutiérrez, M. & Peña, J.L. (1998). Geomorphology and late Holocene climatic change in Northeastern Spain. *Geomorphology*, 23, 205-217.
- Hansen, A. & Moreno, C. (1999): Mapa guía del relieve de Lanzarote. Cabildo Insular de Lanzarote.
- Hernández, L., González, M.C., Jiménez, C. M., Ortega, J., Padrón, P., Rodríguez, A., Torres, J.M. & Vargas, G.E. (1991). Suelos de la isla de Lanzarote. Características generales. *XVIII Reunión Nacional de Suelos*, 311-330.
- Kunkel, G., (1982). *Los Riscos de Famara (Lanzarote, Islas Canarias). Breve descripción y Guía florística*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Naturalia Hispánica, 22. Madrid. 118 pp.
- Lamb, H.F., Dambon, F. & Maxted, R.W. (1991). Human impact on the vegetation of the Middle Atlas, Morocco, during the last 5.000 years. *Journal of Biogeography*, 18, 519-532.
- Lamb, H.F & Van der Kaars, S. (1995). Vegetational response to Holocene climatic change: pollen and palaeolimnological data from the Middle Atlas, Morocco. *The Holocene*, 5, 400-408.
- Machado, C. (1996). Reconstrucción paleoecológica y etnoarqueológica por medio del análisis antracológico de la Cueva de Villaverde, Fuerteventura. *Biogeografía Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica*, 261-274.
- Machado, C. (1999). El hombre y las transformaciones del medio vegetal en el archipiélago canario durante el periodo pre-europeo: 500 a.C./1500 d.C.. *II Congreso del Neolítico a la Península Ibérica. Saguntum-Plau*, Extra 2, 53-58.
- Magaritz, M. & Jahn, R. (1992). Pleistocene and Holocene Soil Carbonates from Lanzarote, Canary Islands, Spain: Palaeoclimatic Implications. *Catena*, 19, 522-529.
- Martín, J. (2000). *La incidencia medioambiental en el sistema tecnológico. El trabajo de la piedra en el Lanzarote preeuro-peo: un ejemplo de condicionamiento insular*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 750 pp.
- Martín, M., Atoche, P., Castillo, C. & Criado, C. (1998). La microfauna del yacimiento de El Bebedero (Teguise, Lanzarote): Implicaciones paleobiológicas, históricas y medioambientales. *XIV Jornadas de Paleontología* (Tenerife, 1998), 121-124.
- Martín, A. & Lorenzo, J.A. (2001). *Aves del archipiélago canario*. Francisco Lemus Editor. La Laguna. 787 pp.
- Marzol, M. V. (1984): El Clima. en *Geografía de Canarias*. Santa Cruz de Tenerife. Interinsular Canaria. 157-202.
- Pellicer, F. & Ibáñez, M. J. (1986). Estudio geomorfológico del yacimiento de Burren y Burrena (depresión del Ebro): Génesis del relieve y evolución holocena. *Homenaje a Antonio Beltrán*, 33-45.
- Peña, J. L., Julián, A. & Chueca, J. (1991). Séquences évolutives des accumulations holocènes à la Hoya de Huesca dans le contexte général du Bassin de l'Ebre (Espagne). *Physio-Geo*, 22-23, 55-60.
- Peña, J.L., Chueca, J., Julián, A. & Echeverría, M.T. (1996). Reconstrucciones paleoambientales en el sector central de la depresión del Ebro a partir de rellenos de valle y conos aluviales. En: A. Pérez, A. Martini, W. Chesworth y A. Martínez (eds.). *Dinámica y Evolución de Medios Cuaternarios*, 63-80.
- Peña, J.L., González, J.R & Rodríguez, J.I. (1996). Paleoambientes y reconstrucción geomorfológica en yacimientos arqueológicos del sector oriental de la depresión del Ebro durante el Holoceno Superior. En: A. Pérez, A. Martini, W. Chesworth y A. Martínez (eds.). *Dinámica y Evolución de Medios Cuaternarios*, 63-80.
- Peña, J.L., Julián, A. & Echeverría, M.T. (1998). Los estudios geoarqueológicos en la reconstrucción del paisaje. Su aplicación en el valle bajo del río Huerva (depresión del Ebro). *Arqueología Espacial*, 19-20, 169-183.
- Roberts, N. (1998) *The Holocene*. Blackwell. Oxford. 316 pp.
- Rognon, P. & Coudé-Gaussen, G. (1987). Reconstitution paléoclimatique à partir des sédiments du Pléistocène supérieur et de l'Holocène du nord de Fuerteventura (Canaries). *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 31 (1), 1-19.
- Rognon, P. & Coudé-Gaussen, G. (1992). Reconstitution des circulations atmosphériques du Pléistocène terminal et de l'Holocène au large de l'Afrique entre 15° et 35° N. *Palaecology of Africa*, 23, 1-25.
- Romero, C. (1987): Comentario al mapa geomorfológico de Lanzarote. *Revista de Geografía de Canarias*, 2, 151-172.
- Romero, C. (1991). *La erupción de Timanfaya (Lanzarote, 1730-1736)*. Universidad de La Laguna. Secretariado de Publicaciones. Serie Informes nº 30. 136 pp.
- Tejedor, M^a. L., Hernández, L. A. & Ortega, M.J. (1995). *Libro guía de la excursión a Lanzarote*. Meeting on the Soil as a strategic resource: degradation processes and conservation (Canary Islands, Spain). 11-15 July 1995. 43 pp.
- Thomas, D.S.G. (1997). *Arid Zone Geomorphology*. Wiley & Son. London. 713 pp.
- Vernet, R. (1989). *La Mauritanie des origines au début de l'Histoire*. Collection Connaissance de la Mauritanie. Nouakchott. 71 pp.
- Webb, P.B. & Berthelot, S. (1840). *Histoire Naturelle des Îles Canaries*. Béthuen. Paris.T.III. Deuxième partie. Section I. 232 pp+ 29 lám.