

CONTENIDO DE MERCURIO EN HUESOS DE ANIMALES DOMÉSTICOS Y TRASHUMANCIA

por

E. Logemann*, G. Kalkbrenner**, B. Krützfeldt*** y W. Schüle**

Resumen: La evolución de los sistemas prehistóricos de producción animal en la Península Ibérica es poco conocida. Sobre todo la cuestión de la trashumancia prehistórica queda abierta. Suponemos que mercurio, un elemento muy concentrado en los suelos de la zona de Almadén, ha sido asimilado por animales que pastearon por allí. El contenido de mercurio en huesos de ganado bovino y ovino/caprino, procedentes de diferentes excavaciones arqueológicas, está analizado y interpretado.

Palabras-clave: Ganadería prehistórica. Trashumancia. Mercurio.

Abstract: The evolution of prehistoric animal production systems in the Iberian Peninsula is little understood. Particularly the question of prehistoric transhumance is still open. It is assumed that mercury, which is highly concentrated in the soil of the Almadén region, was absorbed by animals grazing there. The mercury content of cattle and sheep/goat bones from different archaeological excavations is analyzed and interpreted.

Key-Words: Prehistoric livestock raising. Transhumance. Mercury.

PARTE 1: INTRODUCCIÓN GENERAL

El problema histórico-arqueológico: ¿cómo se crió el ganado en tiempos pre-medievales?

Desde la Alta Edad Media la forma predominante de la ganadería ovina y bovina en la Península Ibérica era la trashumancia (KLEIN 1920; GARCIA MARTIN & SANCHEZ BENITO 1986). La trashumancia es un fenómeno muy

* Institut für Rechtsmedizin der Universität Freiburg/Brsg., Albertstraße 9, D-79104 Freiburg/Brsg., Germany.

** Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg/Brsg., Belfortstraße 22, D-79098 Freiburg/Brsg., Germany.

*** GFU, Gesellschaft für Umweltanalytik, Castellbergstraße 5, D-79282 Ballrechten-Dottingen, Germany.

complejo que, sin embargo y de forma muy breve, se puede definir como una forma de seminomadismo estacional. El ganado de una comunidad humana se lleva por pastos de verano y pastos de invierno, cubriendo considerables distancias horizontales y/o verticales.

Estos movimientos estacionales aprovechan las diferencias climáticas entre las zonas altas y/o norteñas, y las regiones bajas y/o meridionales (RUIZ & RUIZ 1986): En verano se sube a las zonas altas y más húmedas, mientras que en invierno se explotan los pastos verdes en zonas más templadas.

Es de suponer que esta forma de adaptación al régimen bio-climático determinó las formas de ganadería ya en la pre y protohistoria (p.e. SIERRA VIGIL & SAN MIGUEL MATE 1991).

Las Cañadas Reales, legalizadas por La Corona bajo la presión de La Mesta en tiempos de la Reconquista, seguramente existían ya desde mucho antes. El comercio a larga distancia con productos de la cabaña (lana, pieles, etc) debió llevar al mantenimiento de rebaños numerosos, el cual no era posible sin cambios espontáneos y/o estacionales de las tierras de pastoreo. Suponemos (KALK-BRENNER 1993) que esta forma de comercio se estabilizó, como muy tarde, en el Bronce Inicial.

Aclarar más la aquí sugerida trashumancia prehistórica no solo explicaría muchos aspectos paleoeconómicos sino ayudaría también a la interpretación de la distribución espacial de poblados y otros vestigios arqueológicos: La ganadería móvil establece vías de comunicación y comercio, facilita contactos culturales y determina la ubicación de poblados.

El problema metodológico: ¿Cómo probar la trashumancia prehistórica?

Ya A. Schulten y P. Bosch Gimpera supusieron la existencia de una trashumancia prehistórica, aún sin pruebas concretas. Hoy, algunos autores ven en los monumentos megalíticos indicadores de antiguas rutas de trashumancia (p.e. CARA BARRIONUEVO & RODRIGUEZ LOPEZ 1985). Otros las buscan en la distribución espacial de las estelas decoradas del suroeste peninsular (RUIZ-GALVEZ PRIEGO & GALAN DOMINGO 1991) o de tumulos funerarios (PONSICH 1983). La ubicación de los llamados “verracos”, esculturas zoomorfas de la Meseta Occidental, también ha sido analizada bajo un concepto similar (ALVAREZ SANCHIS 1990).

Aunque no se pueda negar una posible relación entre estos monumentos, vías de comunicación y ganadería, no son prueba suficiente de una supuesta ganadería móvil. Aún más: no es probable que el problema pueda ser resuelto por medio de materiales arqueológicos “clásicos”.

Una posible solución: la huella del mercurio

Para resolver este problema dirigimos nuestra atención hacia los animales prehistóricos mismos:

Una de las zonas más importantes de pasto invernal es el Valle de Alcudia en la Mancha suroccidental (Ciudad Real). Hasta la época actual mucho ganado de la mitad oriental de la Meseta utiliza el Valle de la Alcudia como pasto de invierno o como paso natural en su camino hacia los pastos de invierno de la Cuenca del Guadalquivir. La zona de Almadén, situada justo al lado de este camino, es el yacimiento más rico de mercurio (*Hg*), a escala mundial. Aquí el mercurio, en forma de cinabrio (*HgS*), llega hasta la superficie. Es de suponer que el ganado, pasteando alrededor de los yacimientos, se comía con la hierba cierta cantidad de mercurio, asimilándolo a sus huesos. La prueba del metal en los restos de estos animales les diferenciaría de otros, que nunca pastaban por allí.

Así, la concentración de mercurio en huesos de un animal muerto podría ser un medio de detectar los movimientos que recorrió durante su vida.

El método: procedencia y tratamiento de las muestras de hueso

De todos modos, la concentración del mercurio en los huesos del ganado que a lo largo de su vida pasteaba cerca de las minas de mercurio es muy baja. Por eso desarrollamos un método analítico de muy alta precisión (véase parte 2).

Por otro lado, la probabilidad de encontrar huesos de animales que han pasteado cerca de Almadén y han sido sacrificados fuera de esta zona, es baja. Por lo tanto hay que analizar un gran número de huesos de diferentes procedencias para detectar posibles diferencias en su contenido de mercurio.

Después hubo que establecer el "valor normal" de *Hg* como base de comparación. Analizamos 9 muestras de hueso recientes, procedentes de Almadén, consistentes tanto en huesos de matanza reciente de ganado local, comprados en una carnicería de Almadén, como en ejemplares recogidos del campo. Dada la ausencia de excavaciones arqueológicas en esta zona todavía no hemos podido analizar huesos pre y protohistóricos de Almadén.

La procedencia de los huesos prehistóricos analizados está marcada en el mapa. Proceden de varias excavaciones fuera de la zona mercurífera. En lo posible, los huesos fueron entregados al laboratorio sin limpieza previa para evitar contaminaciones indeseables.

Todavía no tenemos un número suficiente de análisis para obtener conclusiones definitivas. El propósito de este trabajo es presentar y discutir un método nuevo que podría contribuir a resolver uno de los problemas más atractivos de la prehistoria peninsular.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVÁREZ SÁNCHEZ, J.: Los verracos del Valle del Amblés (Avila): Del análisis espacial a la interpretación socio-económica. *Trabajos de Prehistoria* 47, 201-233 (1990).
- CARA BARRIONUEVO, L. & RODRÍGUEZ LÓPEZ, J. M.: Trashumancia ganadera y megalitismo. El caso del valle medio-bajo del río Andarax (Almería). XVII. Congreso Nacional de Arqueología, Logroño 1983. Zaragoza. 235 - 248 (1985).
- GARCÍA MARTÍN, P. & SÁNCHEZ BENITO, J. M.: Contribución a la historia de la Trashumancia en España. Madrid (1986).
- KALKBRENNER, G.: Untersuchungen zur frühen Herdenviehwirtschaft auf der Iberischen Halbinsel. Tesis Doctoral, Friburgo. En prensa (1993).
- KLEIN, J.: The Mesta. A study in Spanish Economic History, 1273-1836. Cambridge, Mass. (1920).
- PONSICH, M.: Transhumance et similitudes ibero-mauretaniennes. Homenaje al Prof. Martín Almagro Basch. 119-129. Madrid (1983).
- RUIZ, M. & RUIZ, J. P.: Ecological History of Transhumance in Spain. *Biological Conservation* 37, 73-86 (1986).
- RUIZ-GALVEZ PRIEGO, M. & GALAN DOMINGO, E.: Las estelas del sureste como hitos de vías ganaderas y rutas comerciales. *Trabajos de Prehistoria* 48, 257-273 (1991).
- SIERRA VIGIL, J. M. & SAN MIGUEL MATÉ, L. C.: Las cañadas como medio de comunicación entre los Asentamientos vacceos. III. Simposio sobre los Celtíberos, Zaragoza 1991. En prensa (1991).

PARTE 2: LOS ANÁLISIS

Mercury in bones

Introduction: Mercury forms 20-500 ng/g of the earth's crust, but higher concentrations are relatively rare in nature (GREENWOOD, MAGOS, VENUGOPAL et al.). Exploitable deposits are almost exclusively located in the Mediterranean-Himalayan and Circumpacific mercuriferous belts. Volcanic eruptions and volatilization or solubilization of rocks, soils, and sediments are the main form of natural emission (MAGOS). The natural emissions are of the order of 2700-6000 tons per year (WHO). Man-originated emission (e.g. coal-fired power stations, mercury mines, smelting or refining industries, agricultural areas where mercurial fungicides are used) has moderately (?) increased the global cycle of mercury but raised the mercury concentrations around emission sources by several orders of magnitude (MAGOS). The total global amount and release of mercury, due to human activities, to the atmosphere has been estimated to be up to 3000 tons per year (WHO).

Mercury is not essential to man or mammals and is not required for any biochemical or physiological function in living tissues. Even in classical ages

mercury was recognized as a poisonous substance. PLINIUS said: "venenum rerum omnium est" (quoted by GMELIN). Mercury and its salts are considered as industrial health hazards and reports of poisonings are numerous.

Mercury is found in all tissues of animals in very low concentrations. The biological half-life of mercury in man or animals depends on its binding form (elemental mercury (Hg^0), inorganic mercury (Hg^+ , Hg^{2+}), and organic mercury (CH_3Hg^+)) and on the route of ingestion. Studies on a small number of volunteers have shown that the elimination of mercury, after a single exposure to metallic mercury vapor, followed a single exponential process with an average half-life of 58 days during the first few months after the exposure (WHO). The human biological half-life of mercuric mercury absorbed from the ingested dose was 29-41 days in female and 32-60 days in male volunteers (MAGOS). BASELT et al. mention human biological half-life of 24 days for inorganic mercury and 52 days for methylmercury. Mercury in all forms is a protoplasmic poison, and in higher concentrations it is lethal to all species (VENUGOPAL et al.). Because of tissue retention mercury is classified as a cumulative poison. There are no indications for the existence of a homeostatic mechanism for mercury (VENUGOPAL et al.).

The biochemistry, physiology and toxicity of mercury is extensively reviewed. There is plenty of literature about the analysis of mercury in soils and water samples, in plants, food, human and animal body fluids (reviews e.g. BASELT et al. 1989, DAUNDERER 1990/1992, ELLENHORN and BARCELOUX 1988, GMELIN 1960 ff, GREENWOOD 1984, MAGOS 1988, SUZUKI et al. 1991, VENUGOPAL et al. 1978, WHO 1991). Yet only few studies deal with the analysis of mercury in bone samples (CARRILLO et al. 1986, COCKBURN et al. 1975, LINDH et al. 1980, MALISSA et al. 1978, STOCK 1940).

The aim of our study was to ascertain mercury levels of bones of sheep/goats and cattle found in distinct areas of the Iberian Peninsula partly contaminated with relatively high natural mercury concentrations (e.g. Almadén region). We analyzed fresh bones from the butcher (table 2) as well as prehistoric bones found in various archaeological excavations (table 1).

Materials and Methods

Bone samples of about 0,5 g (wet digestion in closed system) or about 2 g (wet digestion in open system) were dried at room temperature, weighed and digested *either in a closed system*: in a PTFE pressure bomb 240 - 300 min. at 150° C with 10 ml of a 1:1 mixture of nitric acid 65% / fluoric acid 40% *or in a quasi open system* by refluxing 240-300 min. with 20 ml of a 1:1 mixture of

nitric acid 65%/hydrochloric acid 32% in a glass apparatus the condenser of which was locked with an absorption tube containing nitric acid for absorption of volatile traces of mercury. All reagents were of high purity especially in view of traces of heavy metal concentrations (highest commercially available purity grade, MERCK, Darmstadt, Germany). For buffering the fluoric acid the digestion solutions were poured into 40 ml saturated aqueous boric acid solutions. The sample solutions were left to cool at room temperature and diluted with double quartz distilled water to 100 ml. Reagent blanks were prepared in parallel. Aliquots of the solutions were analyzed with atomic absorption spectrometry (AAS) using the cold vapor technique. 10 ml SnCl_2 5% / HCl 5% was used as reduction medium; PHILIPS PU 9200X - AAS spectrometer; quartz 15 cm cell; the 253,7 nm resonance line was chosen for all determinations. Detection limit of the method was 5 ng mercury/g bone sample.

Discussion (english)

Mercury bone levels; data from literature:

- 1) bones of egyptian mummies: 100 ng/g and 430 ng/g dry weight (COCKBURN et al. 1975).
- 2) "modern" (human) bones: range 30 ng/g to 1040 ng/g with the mean of 450 ng/g (literature data quoted by COCKBURN et al. 1975).
- 3) animal bones: 457 ± 17 ng/g (CARRILLO et al. 1986).
- 4) human bones (autopsy samples (Berlin); accidents, suicide): 13 ng/g; bone marrow: 19 ng/g (STOCK 1940).
- 5) human autopsy specimens of femur of workers who had been exposed to a large number of metals in a smeltery and refinery: range 20 ng/g to 100 ng/g; median: 45 ng/g. Control group: range 40 ng/g to 96 ng/g; median 40 ng/g (LINDH et al. 1980).
- 6) human roots of amalgam filled (partly in contact with gold materials) teeth and jaw-bones: range < 100 to 187000 ng/g (MALISSA et al. 1978).
- 7) human bones: mean 450 ng/g (DAUNDERER 1990/1992)
- 8) human bones: mean 450 ng/g (Koch 1991).

The results of our mercury analyses of prehistoric bones and of "modern" animal bones are listed in table 1 and table 2. With one exception all mercury contents of animal bones were within normal range: 30 ng/g to 1040 ng/g (according to COCKBURN et al.). We did not wash or purify the bones prior to analysis. So we cannot elucidate that the horn core (code number E-79-A-662) found in the province Ciudad Real was slightly contaminated with external traces

of mercury. Since the mercury levels we measured in prehistoric animal bones did not exceed normal range, we have no real evidence up to now for the theory that mercury bone content is a guide element for proving transhumance on the Iberian Peninsula.

However, the highest Hg-levels were found in bone samples, excavated in the province of Ciudad Real, quite nearby the Almadén region (*Cerro de la Encantada; Motilla de Santa María del Retamar*). Further studies with bones from this region have to be made to verify this theory.

Discusión (español)

Contenido de mercurio en huesos; datos publicados:

- 1) huesos de momias egipcias: 100 ng/g y 430 ng/g materia secca (COCKBURN et al. 1975).
- 2) huesos humanos "modernos": de 30 ng/g a 1040 ng/g, con un medio de 450 ng/g (citado por COCKBURN et al. 1975).
- 3) huesos de animales: 457 ± 17 ng/g (CARILLO et al. 1986).
- 4) huesos humanos (muestras de autopsía (Berlin); accidentes, suicidio): 13 ng/g; médula: 19 ng/g (STOCK 1940).
- 5) muestras de autopsía de trabajadores que han sido expuestos a un número elevado de metales en una fábrica de fundición y refinería: de 20 ng/g a 100 ng/g. Grupo de comparación: de 40 ng/g a 96 ng/g; mediano 40 ng/g (LINDH et al. 1980).
- 6) Raíz de dientes humanos, empastados con amalgama y huesos maxilares (parcialmente en contacto con materiales de oro): de < 100 a 187000 ng/g (MALISSA et. al. 1978).
- 7) huesos humanos: medio de 450 ng/g (DAUNDERER 1990/1992).
- 8) huesos humanos: medio de 450 ng/g (KOCH 1991).

Los resultados de nuestras análisis de huesos prehistóricos y modernos de animales domésticos están presentados en los cuadros 1 y 2. Con excepción de uno, todos valores están dentro de la variación de los datos publicados (30 ng/g a 1040 ng/g, según COCKBURN et al.). No lavamos o purificamos los huesos antes del análisis. Por tanto no podemos excluir una ligera contaminación por fuentes externas de mercurio en caso de la clavija de cuerno del Cerro de la Encantada (E-79-A-662). Esto significa que los análisis hasta ahora no confirman nuestra teoría del mercurio como "elemento guía".

Sin embargo, llama la atención que las muestras con los valores de Hg más altos (*Cerro de la Encantada, Motilla de Santa María del Retamar*) proceden de

la provincia de Ciudad Real, cerca de la zona de Almadén. Más análisis, especialmente de muestras de Almadén y Ciudad Real van a aclarar si realmente hemos descubierto la huella del mercurio.

Agradeceremos sugerencias y colaboración. Lo que más nos ayudaría son muestras de huesos bien estratificados y fechados, si posible sin lavar.

Acknowledgements

We are grateful to the following colleagues who made bone samples from their excavations available for us: R. de La-Rosa, Madrid; G. Delibes de Castro and his colleagues from the Department of Prehistory, Valladolid; J. Sánchez Meseguer and his colleagues from the Department of Prehistory, Autónoma University, Madrid.

Agradecimientos

Quisieramos dar las gracias a los siguientes colegas que nos proporcionaron muestras de hueso de sus excavaciones: R. de La-Rosa, Madrid; G. Delibes de Castro y sus colegas del Departamento de Prehistoria, Valladolid; J. Sánchez Meseguer y sus colegas del Departamento de Prehistoria, Universidad Autónoma, Madrid.

REFERENCES/REFERENCIAS

- BASELT, R.C., CRAVEY, R.H.: *Disposition of toxic drugs and chemicals in man*. 3rd edit., p. 500-505, Year Book Med. Publ., Inc., Chicago (1989).
- CARRILLO, F., BONILLA, M., CAMARA, C: Determination of mercury in biological samples by a sensitized cold vapor atomic absorption technique. *Microchem. J.* 33, 2-8 (1986).
- COCKBURN, A., BARRACO, R.A., REYMAN, T.A., PECK, W.H.: Autopsy of an egyptian mummy. *Science* 187, 1155-1160 (1975).
- DAUNDERER, M., *Handbuch der Umweltgifte*, 3. Erg. Lfg. 5/92, III-3, Quecksilber, p. 1-52, Ecomed, Landsberg/Lech (1990/1992).
- DIETZ, R., NIELSEN, C.O., HANSEN, M.M., HANSEN, C.T.: Organic mercury in greenland birds and mammals. *Sci. Total Environ.* 95, 41-51 (1990).
- ELLENHORN, M.J., BARCELOUX, D.G.: *Medical Toxicology*. p. 1048-1053. Elsevier, New York, Amsterdam, London (1988).
- Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie, 8.Aufl., System Nr. 34 (6 volumes), Quecksilber, Verlag Chemie GmbH, Weinheim (1960 ff).
- GREENWOOD, M.R.: Quecksilber; in: *Metalle in der Umwelt, Verteilung, Analytik und biologische Relevanz*. Merian, E., Geldmacher-v. Mallinckrodt, M., Machata, G., Nürnberg, H.W., Schlipkötter, H.W., Stumm, W. (eds), p. 511-539, Verlag Chemie, Weinheim (1984).
- KOCH, R., WAGNER, B.O.: *Umweltchemikalien*. 2nd Edit., p. 360-368, VCH Verlagsges., Weinheim (1991).
- LINDH, U., BRUNE, D., NORDBERG, G., WESTER, P.O.: Levels of antimony, arsenic, cadmium, copper, lead, mercury, selenium, silver, tin and zinc in bone tissue of

- industrially exposed workers. *Sci. Total Environ.* 16, 109-116 (1980).
- LINDH, U., BRUNE, D., NORDBERG, G., WESTER, P.O.: Levels of cadmium in bone tissue (femur) of industrially exposed workers - a reply. *Sci. Total Environ.* 20, 3-11 (1981).
- LOGEMANN, E., KRÜTZFELDT, B., KALKBRENNER, G., SCHÜLE, W.: Quecksilber in Knochen. *Zbl. Rechtsmed.* 38, 34 (1992).
- MAGOS, L.: Mercury; in: *Handbook on toxicity of inorganic compounds*. Seiler, H.G., Sigel, H., Sigel, A. (eds), chapter 35, p. 419-436, Marcel Dekker, Inc., New York, Basel (1988).
- MALISSA, H., MALY, K., TILL, T.: Zur AAS-Bestimmung von Quecksilber in Zahnwurzeln und Kieferknochen. *Fres. Z. Anal. Chem.* 293, 141 - 144 (1978).
- STOCK, A.: Der Quecksilbergehalt des menschlichen Organismus. *Biochem. Z.* 304, 73-80 (1940).
- SUZUKI, T., IMURA, N., CLARKSON, T.W. (eds): *Advances in mercury toxicology*. Plenum Press, New York, London (1991).
- VENUGOPAL, B., LUCKEY, T.D.: *Metal toxicity in mammals*. vol. 2, p. 86-99, Plenum Press, New York, London (1978).
- WHO, World Health Organization: IPCS, Internat. Programme On Chemical Safety; Inorganic mercury; *Environmental health criteria* 118. World Health Organization, Geneva (1991).

Cuadro 1
Contenido de mercurio en huesos prehistóricos

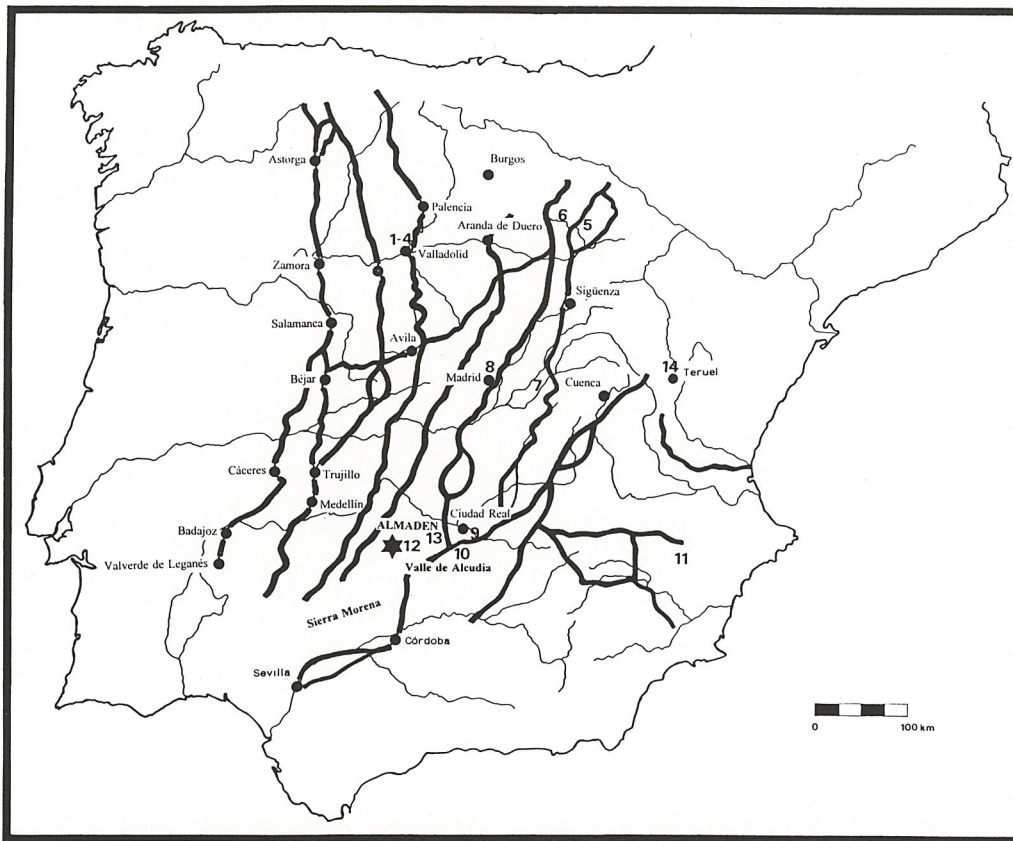
Nº mapa	provincia	yacimiento	fáse/fecha	sigla	hueso	animal *)	contenido (ng Hg/g)
1	Valladolid	«Los Cercados», Mucientes	Calcolítico (≈ 2000 a.C.)	—	tibia pelvis	o/c o/c	16 16
2	Valladolid	«Las Quintanas», Valoria la Buena	Calcolítico?	—	mand.inf. mand.inf. mand.sup. mand.inf. clav. cuerno	vaca o/c o/c vaca vaca	7
3	Valladolid	«Melsar de Abajo»	Calcolítico?	—	clav. cuerno	o/c	16
4	Valladolid	«El Castillo», Montalegre de Campos	Calcolítico	—	mand.sup. vértebra	o/c vaca?	50 46
5	Soria	«El Castillejo», Fuensaúco	Hierro, s. VII-VI a.C. Hierro, s. VI-V a.C. Hierro, s. IV-II a.C.	—	mand.sup. mand.inf. mand.inf. mand.inf. clav. cuerno mand.inf. mand.inf. mand.inf. mand.inf. mand.sup. clav. cuerno clav. cuerno mand.inf. mand.inf. mand.inf. mand.inf. mand.sup. mand.sup. clav. cuerno	o/c o/c o/c o/c o/c vaca o/c o/c o/c o/c o/c o/c vaca o/c o/c o/c o/c o/c o/c	todas muestras < 6 ng/g huesos por parte con- vertidos en carbonato (en contacto con un ácido fuga de CO ₂)
6	Soria	«El Balconcillo»	Bronce Medio	BAL90.90/141/C/1/I BAL.90.90/141/A/1F/V BAL90.90/141/A/1B/III	astragalo falange II molar	o/c o/c o/c	154 9 8

Nº mapa	provincia	yacimiento	fáse/fecha	sigla	hueso	animal *)	contenido (ng Hg/g)
7	Madrid	«Cueva de Pedro Fernández», Estremera	Bronce Inicial y Medio	EI-80-Pl. Ib-22-Sp. 133 EI-83-Ib-5301 EI-80-35-304 EI-83-Ib-5406 EI-83-Ib-5310	clav. cuerno pelvis mand.sup. mand.inf. diente pelvis mand.sup.	o/c o/c o/c o/c " o/c o/c	83-102-169 31-35-59-74 58-85 59-75-116 44 116 97
8	Madrid	«Arenero del Soto», Madrid	Bronce Final	65/20/B2/EX/F2 63/20/B3/N1 65/20/D4/EII/F1 65/20/C3/EV/Niv.1	falange II calcaneo húmero falange II	vaca o/c o/c o/c	31 48 44 28
9	Ciudad Real	«Cerro de la Encantada», Granátula Calatrava	Bronce Medio	E-79-A-677 E-79-A-656 E-79-A-662 E-78-A-630 E-78-A-632	mand.inf. mand.inf. clav. cuerno mand.inf. mand.inf.	o/c o/c o/c vaca o/c	194 520 1373 121 235
10	Ciudad Real	«Motilla de Santa María del Retamar», Argamasilla de Alba	Bronce Medio	MR-91-6716 MR-91-6691 MR-91-6666 MR-91-3510	mand.inf. mand.inf. mand.inf. mand.sup. diente	o/c o/c o/c o/c "	137 505-728 174 159 112
11	Murcia	«Cerro de la Campana», Yecla	Bronce, 1 ^{er} tercio del 2 ^o mil. Bronce, 2 ^o tercio del 2 ^o mil. Bronce, 3 ^{er} tercio del 2 ^o mil.	CC-83-1036 CC-83-715 CC-83-764 CC-85-2103 CC-85-1790 CC-85-2018 CC-83-880 CC-85-1916 CC-83-111	mand.inf. mand.inf. clav. cuerno mand. sup. clav. cuerno mand.inf. mand.sup. clav. cuerno mand.inf. mand.inf.	vaca o/c o/c o/c o/c vaca o/c o/c o/c o/c	28 9 25 104 9 71 125 537 15 15

*) vaca: *bos taurus*
o/c : oveja (*ovis aries*) o cabra (*capra hircus*)

Cuadro 2
Contenido de mercurio en huesos recientes

Nº mapa	Procedencia	hueso	animal	contenido (ng Hg/g)
12	Almadén, Ciudad Real: Carnicería (1991)	vértebra femur mand. inf. vértebra vértebra vértebra vértebra	oveja oveja oveja oveja oveja oveja	< 5 6 < 5 6 6 6 9
12	Almadén, Ciudad Real: Carnicería (1992)	costilla costilla	oveja oveja	14 7
12	Almadén, Ciudad Real: Campo (1991)	escápula	o/c	14
12	Almadén, Ciudad Real: Campo (1992)	húmero epistrotrofeo	o/c vaca	40 799-975
13	Cañada entre Almadén y Corral de Calatrava	húmero radio + ulna	o/c o/c	14 159
14	Teruel: Campo	costilla	o/c	< 5



Las Cañadas Reales de España

Con más cañadas, y interrelacionadas entre si por cordeles y veredas (vías pecuarias menores) forman una red que cubre casi toda la Península [mapa según Saénz Ridruejo, C.; García Martín, P.; García Saiz, J. L.: Las rutas de la Mesta. Cuadernos de Cauce 2000 No. 10 (1986)].