



# Nuevas evidencias sobre el inicio de la metalurgia en el País Valenciano: el yacimiento calcolítico de Sanxo Llop (Gandía, Valencia)

## *New data as to the origin of metallurgy in the region of Valencia: the Chalcolithic site of Sanxo Llop (Gandía, Valencia)*

Se presentan nuevos datos sobre la actividad metalúrgica en el término de Gandía obtenidos en las excavaciones de las parcelas de Sanxo Llop durante los años del 2010 al 2016. El trabajo recoge la información sobre tres estructuras (59, 105 y 126), una de ellas con un enterramiento infantil. Todas ellas contienen restos metalúrgicos y algunos objetos cuyo estudio mediante caracterización elemental (XRF) y de análisis isótopos de plomo permiten reinterpretar el modelo propuesto hace años para la metalurgia calcolítica del vecino yacimiento de La Vital. La constatación de metalurgia precampaniforme y la aparición de mineral (arseniato de cobre) indican que las estrategias de producción del metal pudieron ser diversas y complementarias a lo largo del amplio tiempo de ocupación de los yacimientos de Gandía en torno a la ribera del río Serpis.

**Palabras clave:** arqueometalurgia, Calcolítico, isótopos de plomo, fluorescencia de rayos X.

This article presents new data on metallurgical activity in area of Gandía gleaned from archaeological excavations carried out at Sanxo Llop from 2010 to 2016. The paper offers information on three features (59, 105 and 126), one of them characterised by an infant burial. All of them contain metallurgical remains and artefacts whose study through elemental characterisation (XRF) and lead isotope analyses allow reinterpreting the model proposed years ago for Chalcolithic metallurgy based on finds of neighbouring settlement of La Vital. The confirmation of a pre-Bell Beaker metallurgy and the finds of ores (copper arsenates) indicate that metal production strategies could have been diverse and complementary throughout the long period of occupation of the sites of Gandía along the banks of the Serpis River.

**Keywords:** archaeometallurgy, Chalcolithic, Lead Isotope Analysis, X Ray Fluorescence.



Figura 1. Localización del yacimiento de Sanxo Llop (Gandía, Valencia) en la Península Ibérica. Autor: Ignacio Montero.

## Introducción

El yacimiento de Sanxo Llop (Gandía) forma parte de una amplia área de ocupación humana en la ribera derecha del río Serpis (figura 1). Su gran extensión y el desarrollo de distintas intervenciones en función de su urbanización ha generado distintas denominaciones para cada una de ellas, entre las que se encuentran l'Alqueria de Sant Andreu y La Vital. La primera se publicó en el IV Congreso del Neolítico Peninsular (Pascual *et al.* 2008) y la segunda cuenta con una monografía (Pérez Jordá *et al.* 2011), en ambos casos se incluyeron estudios de los materiales metálicos (Rovira y Montero Ruiz 2011) que nos servirán de referencia para el desarrollo de este artículo dedicado a algunas de las unidades que contienen restos de actividades de producción metalúrgica fechables en el Calcolítico.

Este tipo de yacimientos bastante habituales en las zonas interiores de las comarcas centrales valencianas eran desconocidos en la costa hasta hace unos pocos años. Son yacimientos muy extensos en los que preferentemente solo se conservan las subestructuras. Según lo que sabemos en la actualidad, estas subestructuras tienen una o varias funciones primarias y otras secundarias. En un primer momento la función que se atribuye a la mayoría de silos y fosas sería la de espacios de almacenamiento, es decir graneros principalmente para cereales. Las estructuras una vez se erosionan pasan a utilizarse mayoritariamente

como vertederos (por eso el relleno es tan irregular), y pensamos que se amortizan de manera rápida, con los desechos antrópicos, tal como nos muestra la sedimentación en estas estructuras. Otras, las menos, tal como vemos en Sanxo Llop, pero también en el cercano yacimiento del Barranc de Beniteixir (Piles), en El Arenal de la Costa (Ontinyent) y posiblemente también en l'Atarcó (Missena) entre otros, son utilizadas como lugar de enterramiento. Nos inclinamos a pensar que las viviendas, cabañas, de las que apenas tenemos información, se encontraban entre los silos y cerca de ellos, pero posiblemente al contar solo con una mínima parte excavada en el subsuelo, hace que no nos quede constancia de su existencia; los procesos erosivos y las transformaciones agrícolas las han arrasado. Sin duda estamos ante yacimientos con una economía agropecuaria, con claras señales de metalurgia y en los que la cercanía a la costa y a un cauce de río (el Serpis) favorece el uso de los recursos marinos y fluviales de todo tipo.

Las excavaciones en Sanxo Llop que aquí interesan se realizaron en el 2010 y 2011, durante la fase de urbanización de las parcelas y posteriormente en el 2016 en un solar donde se construyó posteriormente un supermercado (figura 2). Se documentaron más de 550 estructuras excavadas sobre arenas fluviales y/o sobre gravas de origen fluvial de la terraza del río Serpis, la mayoría datadas en el Calcolítico pero también del Bronce Final, ibéricas y romanas. Las estructuras se han clasificado en fosas, silos, cubetas y



Figura 2. Planta general de las excavaciones en Sanxo Llop en la que se destacan las estructuras 59, 105 y 126.  
 Autor: Josep Pascual Beneyto.

grandes vertederos. La mayoría son de planta circular, otras ligeramente ovaladas y las menos, irregulares (grandes vertederos). Encontramos superposiciones de estructuras de diferentes momentos cronológicos, así como estructuras que cortan/rompen otras, siempre hasta el momento de cronologías diferentes. Las más abundantes son claramente prehistóricas, tal como esperábamos, de finales del cuarto milenio y sobre todo del tercer milenio, calcolíticas y con presencia de campaniforme marítimo. Las excavaciones han proporcionado gran cantidad de materiales mayoritariamente cerámicos, líticos y malacológicos.

Nos vamos a centrar en tres de estas estructuras (59, 105 y 126) (figura 2) que contienen algunos elementos vinculados con la actividad metalúrgica de la etapa inicial del Calcolítico y que nos permitirán profundizar en el conocimiento que proporcionó el ya mencionado estudio de La Vital. El conjunto de

materiales de Sanxo Llop cuenta con otras evidencias, como crisoles y objetos metálicos, que por su elevado número se estudiarán en otras publicaciones pero que puntualmente serán mencionadas aquí para enmarcar los descubrimientos que recoge este artículo, que pretende destacar aspectos de la primera metalurgia no documentados anteriormente.

### Estructura 59 (figura 2)

Se trata de un silo de 2,10 m de diámetro de boca, 2,98 m de diámetro de base y 1,68 m de profundidad, de planta circular irregular y de sección troncocónica. El volumen o capacidad de este silo se situaría entre los 7,314 m<sup>3</sup> y 7,822 m<sup>3</sup>.

Suponemos que esta estructura se excavó como primera finalidad como silo o almacén para grano (cereales). Cuando este uso se descartó, con absoluta

certeza por el desmoronamiento de sus paredes y con el ensanchamiento de su boca —este hecho dificultaba el cerramiento con losas de piedra—, fue aprovechado como lugar de enterramiento de un individuo infantil.

Individualizamos 8 unidades estratigráficas:

— 59001. Formada por un sedimento marrón oscuro, componente limoso-arcilloso, con fracción abundante y con restos materiales no muy numerosos, desde 7 hasta 18 cm de potencia. De hecho, al tratarse de una unidad estratigráfica superficial, puesto que solamente se habían retirado unos 40-45 cm de tierra vegetal en la preparación del terreno localizamos restos materiales, sobre todo cerámicos de un amplio espectro cronológico, 21 fragmentos de galbos a torno de cronología ibero-romana, 4 formas de idéntica cronología, 1 fragmento de *terra sigilata*, 39 fragmentos de cerámica a mano (prehistórica), restos de malacofauna, dos lascas sin retocar, dos esquirlas y cinco informes. De metal se ha recuperado un fragmento de talón de un cincel (PA25490) y un fragmento de punzón (PA25500) (figura 3).

— 59003. Formada por una unidad de bloques y cantos, muy abundantes, sedimento marrón claro, con un importante componente arcilloso, muy uniforme y compacto. De gran potencia que varía desde un metro hasta el 1,12 m.

Los restos materiales son relativamente abundantes si contemplamos las dimensiones de la UE: 490 fragmentos cerámicos informes a mano (prehistóricos), 2 mamelones, 2 fragmentos de lengüeta, 5 labios redondos, 2 labios biselados redondos, 1 labio engrosado exterior, 1 labio redondeado con mamelón y 2 labios planos. Las pequeñas dimensiones de los fragmentos nos impiden poder identificar alguna forma clara, salvo en un caso que corresponde a una forma abierta (plato y/o escudilla) y otro a una forma hemisférica, un bol o una olla. Formas de amplio desarrollo cronocultural y de escasa significación. Las pastas son variadas, los desgrasantes medios y las cocciones mayoritariamente oxidantes, aunque también las hay reductoras. Hay unos escasos fragmentos de paredes finas, la mayoría son de paredes medias. Entre los primeros destacan en la totalidad de los casos las cocciones reductoras y el tratamiento de superficies de alisado y/o bruñido. Respecto a la industria lítica en sílex: 18 lascas sin retocar, 1 lasca con señales de uso, 10 esquirlas, 5 hojitas sin retocar, 1 denticulado sobre hoja, 15 núcleos o fragmentos de núcleo, 1 perforador, 18 informes, 1 nódulo, y una punta de flecha foliácea (figura 4), barro cocido, fauna y malacofauna. De esta UE proceden un fragmento de mineral de cobre (PA25503) y un pequeño fragmento de escoria (PA27480) que identificamos como formada en el borde de un crisol y desprendida de él (figura 3).

— 59004. Unidad estratigráfica formada por un sedimento marrón claro, muy arcillosa con abundante fracción, sobre todo bloques, y con la presencia de restos de un enterramiento infantil y restos del cráneo de un perro. Esta unidad estratigráfica tiene una potencia máxima de 0,29 m. Los restos materiales son prácticamente inexistentes,



Figura. 3. Restos metalúrgicos de la UE 59001 de Sanxo Llop. Autor: Ignacio Montero.

solamente los huesos mencionados y una punta de flecha romboidal (figura 4).

— 59005. Unidad estratigráfica que atribuimos a la presencia del ternero y suido como ajuar funerario del enterramiento y que mantiene las características morfológicas de la UE 59004. Los restos materiales son relativamente abundantes: 105 fragmentos informes de cerámica a mano, 3 labios redondeados, 1 labio biselado redondeado, 2 lascas, 1 fragmento de núcleo de sílex, 1 fragmento informe, 1 fragmento de punzón de hueso, barro cocido y restos de fauna.

— 59007. Unidad estratigráfica formada por un sedimento marrón claro, compacto, con algunas manchas más claras, con gravas y algunos materiales arqueológicos. Presenta una potencia que varía entre los 0,30 m y los 0,18 m. Se localizaron restos de fauna, 67 fragmentos informes de cerámica a mano, una lengüeta, un fragmento con decoración peinada, un fragmento de base plana, restos de barro cocido y un resto de malacofauna. Solamente como restos significativos tenemos una base plana (figura 4), casi un pie macizo y el fragmento de cerámica con decoración peinada interior.

— 59009. Unidad estratigráfica formada por un sedimento marrón claro, compacto, arcilloso, con gravas y escasos restos materiales arqueológicos: 36 fragmentos cerámicos informes a mano, un labio redondo, restos de fauna y de malacofauna, y restos de barro cocido. Su potencia varía entre 0,10 y 0,19 m.

— 59011. Unidad estratigráfica formada por un sedimento marrón muy claro, arcilloso-arenoso, con escasa fracción y abundantes restos arqueológicos. Potencia que varía entre 0,8 y 0,15 m en el que se documentaron 114 fragmentos cerámicos informes

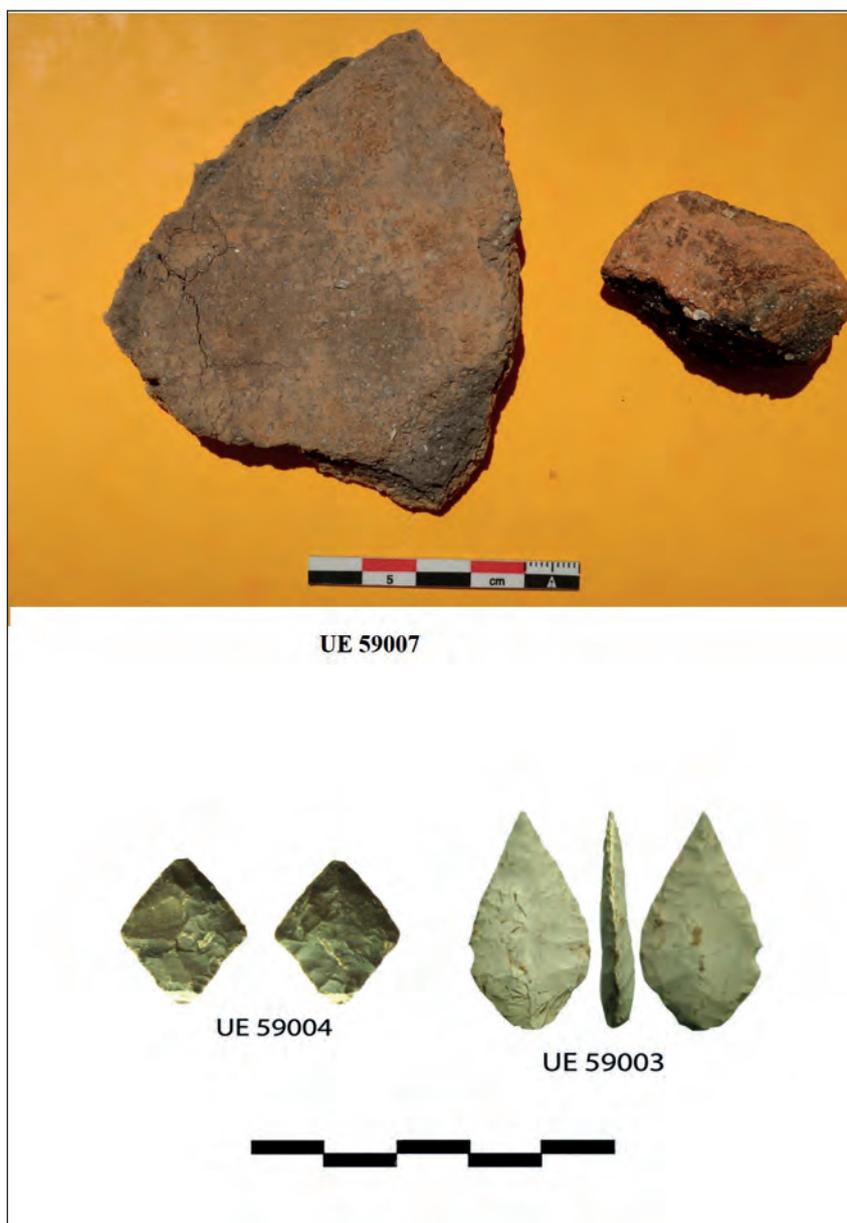


Figura 4. Algunos de los materiales cerámicos y líticos de la estructura 59 de Sanxo Llop. Autor: Josep Pascual Beneyto.

a mano, 5 labios redondeados, 1 labio biselado redondeado, fauna y malacofauna, 1 fragmento de núcleo de sílex, 1 lasca, 3 informes, una punta de flecha y barro cocido.

- 59013. Unidad estratigráfica formada por un sedimento natural formado por arcillas muy arenosas que conforman la unidad estratigráfica negativa del silo, es decir sobre la que se excavó la subestructura.

Las puntas de flecha localizadas en las UE 59003 y 59004 (figura 4), foliácea y romboidal, son tipos líticos que se encuentran bien representados a lo largo del período final del Neolítico, Eneolítico, y hasta el momento Campaniforme. Es decir, tomando como referencia el yacimiento de L'Ereta del Pedregal (Navarrés, Valencia) desde EP-I hasta EP-IV (HCT) (Cavanilles 2008: 249-252).

### **Descripción del enterramiento de la estructura 59 (figura 5)**

Al retirar buena parte de los bloques de la UE 59.003 apareció un bóvido entero junto a cuyas extremidades traseras se hallaba un enterramiento infantil con un pequeño cráneo de *Canis familiaris* al lado del cubito y radio derechos del niño. A la misma cota, al nordeste, un suido de pequeño tamaño. El enterramiento correspondía a una inhumación individual, primaria, conformada por el esqueleto de un individuo infantil de entre 3 y 4 años de sexo indeterminado. El cuerpo fue depositado decúbito prono, orientado Oeste-Este, con la cabeza al Oeste y los pies al Este. El esqueleto axial se encontraba articulado con alguna excepción. El esqueleto apendicular, a pesar de mostrar una disposición

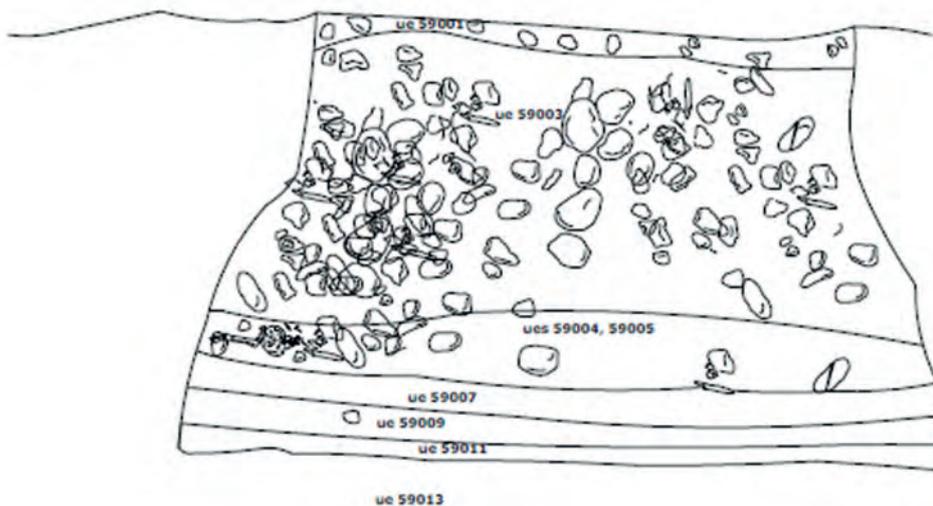
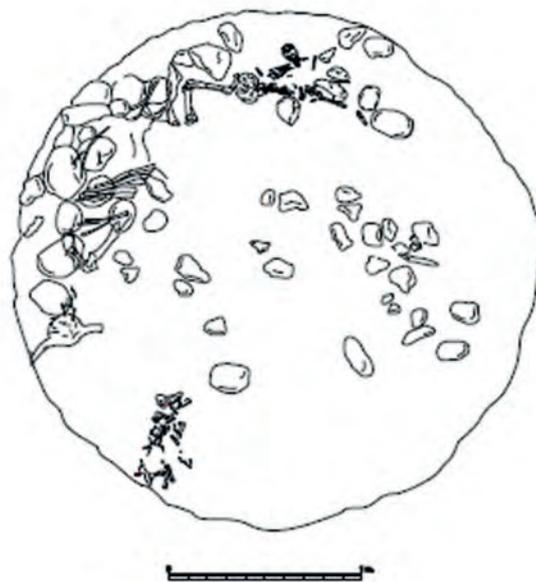


Figura 5. Planta y sección del enterramiento de la estructura 59 de Sanxo Llop. Autor: Josep Pascual Beneyto.

anatómica lógica presentaba importantes alteraciones y desplazamientos. Sin embargo, el esqueleto conservaba conexiones anatómicas tanto persistentes como débiles, sobre todo correspondientes al bloque craneofacial, raquis cervical, cintura escapular y caja torácica, lo que confirma el carácter primario de la sepultura (figura 6).

El bloque craneofacial se encontraba apoyado sobre el parietal y temporal derechos, mirando a la izquierda, con signos de haber experimentado una cierta rotación postdeposicional lateral hacia la izquierda. La observación del raquis cervical indica una disociación mucho más evidente (cerca de 90°) de las vértebras cervicales, entre el atlas y el axis y entre las tres articulaciones inferiores.

Anatómicamente, entre el axis C2 y C7 son posibles solo 20° de rotación, es decir, apenas 2° o 3° entre cada vértebra consecutiva, por tanto, no es posible una rotación demasiado amplia. En cambio, entre el axis (C2) y el atlas (C1) puede haber una rotación de aproximadamente 60° en ambos sentidos, ya que el atlas tiene una articulación trocoide con la apófisis odontoides del axis, pero no superior, por lo que en nuestro caso la rotación de la cabeza no es original sino debida a procesos tafonómicos derivados de la descomposición del cuerpo en un ambiente vacío.

De hecho, la posición decúbito prono es claramente postdeposicional causada por la descomposición del

cuerpo en un ambiente vacío. El individuo se encontraba originalmente en posición decúbito lateral derecho, disposición que, en un espacio vacío, implica un equilibrio inestable al apoyarse sobre un lado del cuerpo. En efecto, cuando el volumen del cuerpo y la masa corporal están presentes, y los huesos están recubiertos de carne y músculos, la base lateral de apoyo se mantiene, pero a medida que las partes blandas desaparecen y el cuerpo pierde planos de apoyo más amplios y estables, la posición lateral tiene un equilibrio cada vez más débil y si el cuerpo no se sujeta por un obstáculo que lo detenga y mantenga (las paredes de la tumba generalmente) acaba cayendo en un sentido u otro. En este caso, por efecto de la gravedad, o por el empuje de los sedimentos de infiltración, el desequilibrio acaba resolviéndose al caer el cuerpo en sentido ventral ocupando el espacio hueco libre entre el cuerpo y la pared de la tumba. Sí observamos cómo algunas conexiones anatómicas se han mantenido en sentido estricto, como es el caso del bloque craneofacial, que se encontraba reposando sobre el lateral derecho, en conexión con la mandíbula y con el raquis cervical. Las costillas han mantenido su oblicuidad natural conservando el volumen torácico a pesar su posición invertida. Esta conexión anatómica de los huesos indica que el desplazamiento ventral del cuerpo sobrevino de forma lenta y suave mientras las partes blandas y



Figura 6. Detalle del enterramiento infantil de la estructura 59. Autor: Josep Pascual Beneyto.

masas musculares estaban ya descompuestas pero los tendones y ligamentos todavía existían y mantenían unidos los huesos.

Una prueba más de la descomposición del cuerpo en un medio vacío es el desplazamiento de algunos huesos fuera del volumen natural del cuerpo y de su posición anatómica lógica. Así observamos cómo parte del húmero derecho se encuentra junto al cráneo, detrás del hueso occipital, y que el húmero izquierdo aparece lejos de su posición lógica, fuera del volumen natural del cuerpo, bajo el radio derecho. Del mismo modo el fémur izquierdo aparece desarticulado en cara posteromedial, perpendicular al eje longitudinal del cuerpo.

El fémur derecho aparece en cara posterior con signos de haber experimentado un movimiento de rotación y abducción al apoyarse el ilion sobre el pubis. La tibia derecha aparece en cara posteromedial y el peroné derecho en cara medial. La tibia izquierda se muestra en cara posterolateral al igual que el peroné izquierdo. El estudio antropológico resulta esencial para la reconstrucción e interpretación del proceso de inhumación, las prácticas y el ritual funerario. La antropología de campo permite reconstruir la posición original del cuerpo, el amortajamiento del difunto, las circunstancias de descomposición y ciertas características esenciales de la arquitectura de la tumba. La posición general del esqueleto en la tumba y la posición adoptada por los huesos son factores fundamentales para reconstruir el amortajamiento, inhumación y los procesos tafonómicos experimen-

tados por el difunto. En este caso la arquitectura, forma y dimensiones del contenedor funerario han condicionado necesariamente la disposición del cadáver y han tenido una influencia directa en la evolución de la descomposición del cuerpo y en los procesos tafonómicos y postdeposicionales.

El sujeto presentaba la totalidad de las piezas dentales en buen estado de conservación. El examen del desarrollo de los dientes de leche y sobre todo de los gérmenes dentales de las piezas permanentes nos ha permitido estimar la edad del individuo entre los 3 y 4 años; por otra parte, la inmadurez de las epífisis sin fusionar y las mediciones de los huesos largos han resultado compatibles con esta estimación.

No se aprecia ninguna enfermedad ósea ni ninguna patología que haya sido la causa directa de la muerte del individuo, no obstante, sí se observa porosidad en los extremos de las epífisis, que parece demasiado marcada como para justificarla simplemente por la inmadurez de los huesos.

La datación obtenida (Beta - 561039) a partir de hueso del bóvido (UE59005) ofrece una cronología de un momento avanzado del Calcolítico: 3840 ± 30 BP (2409-2202 cal BC).

### Estructura 105 (figura 7)

Estructura de forma bastante irregular con cierta forma ovalada. Se trata de una gran fosa de aproximadamente 7,3 x 7,5 m y solamente 80 cm de profundidad. Bien podría tratarse de un fondo de



Figura 7. Excavación de la estructura 105 de Sanxo Llop. Autor: Josep Pascual Beneyto.

cabaña, pero no tenemos los elementos básicos que permitan afirmarlo con seguridad. No se distinguieron señales de la existencia de agujeros de poste, ni de espacios de uso especializado, sobre todo hogares. Solamente en la UE 105013 durante la fase de excavación se planteó la posible existencia de un hogar o plataforma de cantos y bloques de cocina, pero el hecho de que esta fracción formada por bloques y cantos no tuviera señales de acción térmica nos hizo desestimarla.

Por ello nos inclinamos en calificarla como fosa de grandes dimensiones. Se distinguieron inicialmente 6 unidades estratigráficas, tres de ellas, las UE 105001, 105003 y 105005, son en realidad la misma.

— 105001 (105003, 105005, 105010). Unidad estratigráfica con un sedimento marrón muy oscuro, con abundante materia orgánica, muy uniforme, bastante compacta, arcillosa-limosa, con algunos cantos y bloques distribuidos de manera irregular. Tiene una potencia muy regular de un máximo de 41 cm. Los materiales son abundantes, 406 fragmentos cerámicos informes a mano, 3 labios redondeados, 1 mango, 1 pequeño vaso con carena baja, 1 base de pie macizo, 41 fragmentos cerámicos hechos a torno, 2 formas cerámicas a torno. De sílex: 28 informes, 10 esquirlas, 18 fragmentos, 19 lascas sin retocar, 2 hojas retocadas, 1 hojita retocada, 12 núcleos, 1 fragmento pieza bifacial (esbozo de punta de flecha), 1 lasca laminar retocada y un fragmento de nódulo. Fauna, malacofauna y barro cocido. De la UE 105001 procede una masa de metal (PA25483) con un peso de 25,6 g que lleva una perforación, un

punzón (PA25484) y una bolita de cobre (PA27479) (figura 8) y de la UE 105005 otra bolita de cobre (PA25506).

- 105008. Unidad estratigráfica con un sedimento marrón claro muy arcilloso, muy uniforme y compacto, con escasa fracción, algún canto rodado y algún bloque. Con una potencia máxima de 29 cm. Los restos materiales son abundantes: 98 fragmentos cerámicos informes a mano, fauna, malacofauna y barro cocido.
- 105013. Unidad estratigráfica formada por un sedimento marrón oscuro muy arenoso, con gran cantidad de cantos y bloques, algunos, escasos, con señales de la acción del fuego. Los restos materiales no son muy abundantes, entre ellos 39 fragmentos informes cerámicos a mano, 2 lengüetas, 1 labio redondeado, 3 informes líticos de sílex, restos de barro cocido, restos de fauna y de malacofauna. También se localizaron restos cerámicos a torno; 41 informes y 5 formas.

No disponemos de dataciones absolutas en esta estructura, pero el material perfectamente se puede considerar como Calcolítico.

### Estructura 126 (figura 9)

La estructura 126 pertenece a la campaña de excavación realizada entre febrero y octubre de 2016. Se encuentra situada en una zona de gran densidad de silos y fosas, algunas de ellas cortadas en boca, media estructura e incluso en la base por otras estructuras. La 126 se localiza muy próxima a la 125, sin que lleguen a cortarse. Sin duda, se trata de un silo, del que como pasa siempre no conservamos la parte superior, afectada por las sucesivas ocupaciones de la zona y las transformaciones agrarias.

En la zona en la que localizamos y excavamos la estructura 126 fue frecuente encontrar abundantes restos de barro cocido, en concreto en esta se recuperaron más de diez kilos. Suponemos, por esta razón y por la existencia de espacios vacíos (sin estructuras), que habría cabañas en las inmediaciones de estas. Muchos de los fragmentos de barro son de gran tamaño y peso, algunos cercanos al kilogramo, muchos otros informes y muy fragmentados, algunos presentan caras planas, marcas de palos, troncos o cañizo, que pueden corresponder con restos de paredes y techos construidos con restos vegetales y barro. También se localizan en la matriz pequeños fragmentos vegetales y restos malacológicos.

Creemos que estos silos y fosas se utilizan en una postrera función como vertederos de amortización rápida de los restos materiales cercanos, en este caso una parte importante por volumen son los restos de esas construcciones que serían frágiles, poco sólidas.

La estructura 126 es de planta circular, base plana y forma cilíndrica. Su diámetro máximo es de 1,62 m y una profundidad máxima de 1,06 m. Calculamos que tendría una capacidad de unos 2.089 litros. Distinguimos las siguientes unidades estratigráficas:

- 126001. Unidad estratigráfica formada por un sedimento color marrón con tonalidades grises, compactado, cohesionado con arcillas y arenas, de permeabilidad media, fracción escasa: algún bloque y guijarros. Tiene una potencia de 0,94 m.

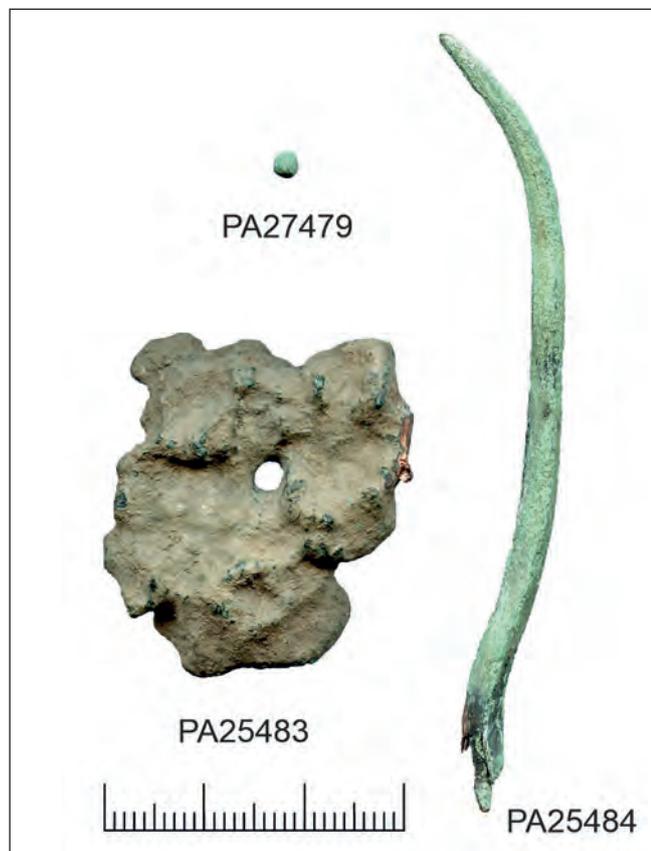


Figura 8. Restos de metal de la UE105001.  
Autor: Ignacio Montero.

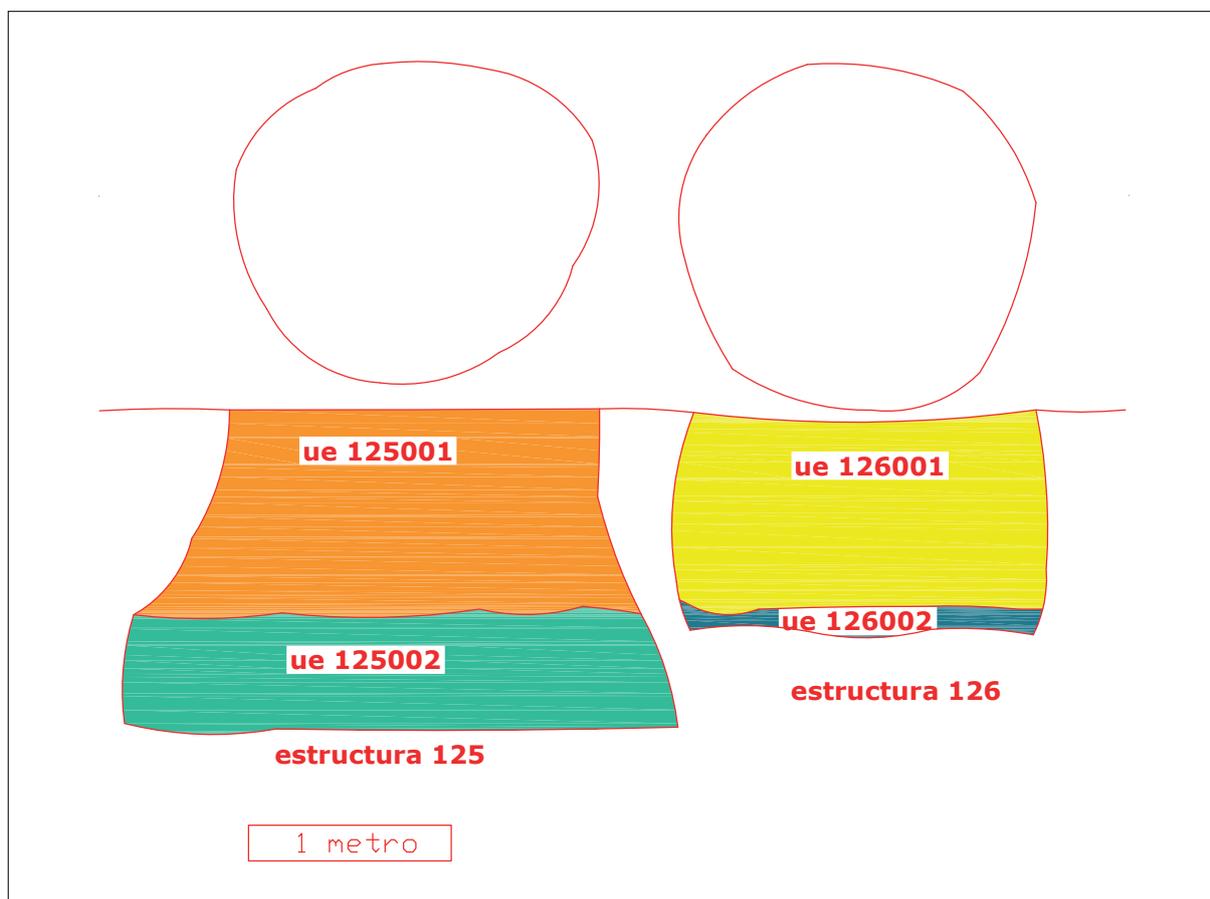


Figura 9. Planta y sección de las estructuras 125 y 126 de Sanxo Llop. Autor: Josep Pascual Beneyto.

Los materiales arqueológicos recuperados en esta unidad estratigráfica han sido abundantísimos: fauna, malacofauna, una cantidad ingente de barro cocido (más de diez kilos), restos líticos, tanto restos de talla como útiles (figura 10) fragmento de parte pasiva de molino, un mortero de piedra y una parte activa de molino (mano). Los restos cerámicos contabilizan 1.751 fragmentos informes a mano, 92 labios redondeados, 2 labios redondeados con mamelón, 5 labios redondeados con lengüeta, 16 labios biselados redondeados, 1 labio biselado redondeado con mamelón, 4 labios engrosados, externos, 1 labio engrosado doble, 7 labios apuntados, 5 bases cóncavas, 1 base plana-aplanada, 3 bases planas, 1 mamelón, 5 lengüetas y 1 mango. Hay una buena colección de restos cerámicos con forma reconocible: formas abiertas, platos, escudillas y/o fuentes, fragmentos de boles o cuencos y formas como ollas, entre otros. Ningún fragmento presenta decoración.

— 126002. Unidad estratigráfica formada por un sedimento color marrón claro, arcilloso, cohesionado, friable, con estructura laminar-prismática, muy plástico y de fracción escasa o casi nula. El material prehistórico es escaso y sin ninguna significación. Tenía una potencia de unos 0,12 m.

— 126005. Unidad estratigráfica base de la estructura excavada sobre arenas. En esta unidad estratigráfica apenas se recuperaron unos pocos fragmentos cerámicos informes.

Los restos metalúrgicos (figura 11) corresponden todos a la UE126001 e incluyen varios fragmentos de crisol, uno de ellos con costra escoriificada (PA25607) de bordes paralelos y forma rectangular y otro con una bolita de metal pegada al borde (PA25596) que tendría forma circular; una bolita suelta (PA25595), un fragmento laminar de metal (PA25594) y un resto de fundición (PA25593) de forma y espesor irregular, un goterón de metal de 5,08 g (PA25612) y una masa metálica de tendencia rectangular de caras planas y fractura en los lados largos (PA25611) de 11,13 g que podría ser, por grosor, similar a la masa metálica de la UE105. Hay algunos fragmentos de cerámica que podrían corresponder también a crisoles circulares, pero no conservan restos metálicos y es de destacar que todo el conjunto se vincula con actividades productivas y no hay ningún objeto elaborado.

Se ha obtenido una fecha de carbono 14 a partir de una falange medial de *Bos taurus*, muestra de vida corta, un hueso no alterado por temperatura. La datación obtenida es  $4130 \pm 30$  BP (Beta 449262) que ofrece un intervalo calibrado entre 2875-2580



Figura 10. Materiales líticos de la UE 126001. Autor: Josep Pascual Beneyto.



Figura 11. Restos vinculados con la actividad metalúrgica de la Estructura 126 de Sanxo Llop. Autor: Ignacio Montero.

cal BC con una probabilidad del 95%, que podemos atribuir a una fase precampaniforme.

## Análisis elemental de los elementos metálicos

El conjunto de elementos metálicos de estas tres estructuras, aunque escaso, es de gran interés al registrar la presencia de mineral de cobre, fragmentos de crisol, bolitas de metal y algún objeto. La composición se ha obtenido a través del análisis por espectrometría de fluorescencia de rayos X con el equipo portátil INNOV-X modelo Alpha del Museo Arqueológico Nacional. Las características de este equipo, así como los procedimientos de trabajo del Proyecto de Arqueometalurgia de la Península Ibérica se encuentran descritos en Rovira Llorens y Montero Ruiz (2018), aunque es importante recordar aquí que al utilizar un ánodo de plata los límites de cuantificación para plata (Ag) y antimonio (Sb) son elevados (0,15%) en relación a los análisis con otros espectrómetros, como el METOREX utilizado en el estudio de los materiales de La Vital, que nos sirve de comparación. Los resultados se recogen en la figura 12 con valores expresados en porcentaje de peso. En los elementos metálicos (bolitas y objetos) se realizaron análisis en superficie y tras la eliminación de la pátina superficial, presentando núcleo metálico todos los elementos, y solo se publican los datos del metal limpio.

En el fragmento de mineral (PA25503) de la estructura 59 las proporciones de cobre y arsénico sugieren que se trata de un arseniato de cobre del tipo

de la olivenita o la conicalcita de tonos verdosos. El mineral en su fractura muestra otros tonos marrones y anaranjados que podrían corresponder con el mineral de hierro, también detectado en alta proporción (29% Fe). El polimetalismo se completa con la detección de antimonio (Sb), mercurio (Hg), plata (Ag) y Zinc (Zn). Por tanto, se trata de un mineral complejo con unas características muy particulares que serán de utilidad para intentar determinar la procedencia con ayuda de los análisis de isótopos de plomo (ver apartado de procedencia del metal).

El fragmento de escoria encontrado en el mismo contexto presenta una composición compatible con el procesamiento de ese tipo de mineral. Se detecta una elevada proporción de arsénico, pero también plata y bismuto. El zinc se volatiliza mayoritariamente y es difícil detectarlo en el metal, aunque reacciona fácilmente con las paredes cerámicas en los procesos de reducción de minerales (Murillo-Barroso *et al.* 2017); el antimonio también es un elemento volátil que se pierde fácilmente en procesos oxidantes. Su ausencia, no obstante, puede estar condicionada por el límite de cuantificación del espectrómetro. La estructura porosa de la escoria y su forma, con un lado plano, recuerda algunas vitrificaciones que se producen en los bordes de los crisoles de fundición y que acaban desprendiéndose de los mismos, siendo similar a la que identificamos en la estructura 126 todavía unida a la arcilla. Por tanto, aunque pensamos que este resto debe vincularse con un crisol de fundición y no con una vasija de reducción, la similitud compositiva podría sugerir que el metal que se procesó en ese

Análisis	Objeto	UE	Peso	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi	LE	Hg
PA25490	Cinzel (frag.)	UE 59001	2,31 g	ND	ND	ND	99,7	ND	0,06	ND	ND	0,18	0,04	ND	ND	ND
PA25500	Punzón (frag.)	UE 59001	0,54 g	ND	ND	ND	99,7	ND	0,32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PA25503	Mineral Cu	UE 59003	4,16 g	29,9	ND	ND	33,4	0,44	33,6	0,18	ND	0,52	ND	0,2	ND	1,01
PA25503B	Mineral Cu	UE 59003	4,16 g	29,9	ND	ND	33,6	0,41	34,4	ND	ND	0,46	ND	0,3	ND	0,95
PA27480	Escoria	UE 59003		1,27	ND	ND	89,8	ND	7,64	0,37	ND	ND	ND	0,94	ND	ND
PA27480B	Escoria	UE 59003		0,28	ND	ND	91,5	ND	7,41	ND	ND	ND	0,07	0,73	ND	ND
PA27480C	Escoria	UE 59003		0,34	ND	ND	91,3	ND	7,25	0,35	ND	ND	0,05	0,75	ND	ND
PA25483	Masa metálica	UE 105001	25,6 g	0,09	ND	ND	98,8	ND	1,08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PA25484	Punzón	UE 105001	4,1 g	0,05	ND	ND	98,2	ND	1,58	ND	ND	ND	ND	0,19	ND	ND
PA27479	Bolita	UE 105001	0,22 g	ND	ND	0,17	98,6	ND	1,06	ND	ND	ND	0,17	ND	ND	ND
PA25506	Bolita	UE 105005	0,24 g	ND	ND	ND	99,1	ND	0,81	ND	ND	ND	0,09	ND	ND	ND
PA25595	Bolita	UE 126001	0,16 g	ND	ND	ND	99,5	ND	0,49	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PA25594	Frag. laminar	UE 126001	0,44 g	ND	ND	ND	99,6	ND	0,28	ND	ND	ND	ND	0,08	ND	ND
PA25593	Resto fundición	UE 126001	1,32 g	0,06	ND	ND	99,8	ND	0,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PA25596	Borde crisol	UE 126001		2,5	ND	ND	12,0	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	85,2	ND
PA25607	Crisol costra borde	UE 126001		0,44	ND	ND	36,6	ND	0,26	ND	ND	ND	ND	ND	62,7	ND
PA25607B	Crisol costra borde	UE 126001		0,82	ND	ND	32,2	ND	0,47	ND	ND	ND	0,05	ND	66,4	ND
PA25611	Masa metálica	UE 126001	11,13 g	ND	ND	0,05	99,3	ND	0,51	(0,1)	ND	ND	0,1	ND	ND	ND
PA25612	Goterón pequeño	UE 126001	5,08 g	ND	ND	0,06	99,0	ND	0,73	0,14	ND	ND	0,1	ND	ND	ND

Figura 12. Análisis de composición por pXRF de los objetos y restos metalúrgicos de las estructuras 59, 105 y 126 de Sanxo Llop. Valores expresados en porcentaje de peso. LE = elementos ligeros; ND = no cuantificados por encontrarse en proporciones inferiores al límite. Autor: Ignacio Montero.

crisol procedía de una acción previa de reducción que empleó el mismo tipo de mineral que el recuperado en ese mismo contexto.

El fragmento de cincel y el punzón de la UE 59001, aunque proceden de un nivel revuelto, tienen una adscripción prehistórica bastante probable. La composición de este cincel es de cobre bastante puro, solo con impurezas de antimonio (0,2%), y difiere de las composiciones arsenicadas comentadas anteriormente, por lo que debemos proponer el uso de un tipo de mineralización diferente, que se ha detectado en algunos cobres en La Vital y especialmente en sus bolitas de cobre (Rovira y Montero Ruiz, 2011: 220-21, cuadros 16.1 y 16.2). El punzón tiene unas proporciones bajas de arsénico (0,32% As).

Los restos metálicos de la estructura 105 (dos bolitas, una masa metálica y un punzón) no pueden fecharse con precisión pues se han recuperado en niveles con material revuelto, salvo una bolita (PA25506) que procede de un contexto calcolítico. Las dos bolitas (PA27479 y PA25506) son cobres con presencia de arsénico (0,8-1% As) y aunque la mayoría de las recuperadas en La Vital eran de cobre sin arsénico, dos de ellas (PA12475 y PA12481) mostraban este elemento en proporciones similares a las de Sanxo Llop. La masa metálica (PA25483) reúne similares características con un porcentaje de arsénico en torno al 1%, mientras el punzón es la pieza más arsenicada (1,58% As) del conjunto y en ella además se detecta bismuto (Bi), elemento detectado en el mineral y la escoria de la estructura 59.

El conjunto de materiales de la estructura 126 que se fechan en un calcolítico precampaniforme es bastante homogéneo en cuanto a la presencia de arsénico, normalmente con valores inferiores al 1%. Destaca el contenido de plata en uno de los fragmentos metálicos (PA25612) y muy cerca del límite de cuantificación en el otro (PA25611) por lo que podríamos estimar por la intensidad del pico una cantidad en torno al 0,1% Ag; ambos fragmentos llevan algo de plomo y níquel, y en el fragmento laminar (PA25594) se detecta una pequeña cantidad de bismuto (0,08%). La información obtenida en los crisoles de esta estructura (PA25596 y PA25607) es compatible con los otros restos metálicos ya comentados, es decir, con arsénico pero en bajas proporciones (< 1%).

La costra de crisol PA25607 ha sido analizada de forma preliminar con el microscopio electrónico de barrido (MEB) del Instituto de Historia. La sección parcialmente pulida y sin preparación (figura 13) permite ver como no hay vitrificación de la arcilla y en la costra no aparece estructura escoriácea y corresponde mayoritariamente a metal oxidado, confirmando su uso como crisol. El análisis de composición obtenida con el EDX del MEB indica que es un cobre con proporciones de arsénico próximas al límite de cuantificación con esta técnica y podemos estimar con valores inferiores al 1% As, en sintonía con lo detectado por pXRF.

## Valoración de la actividad metalúrgica

Los materiales aquí presentados de Sanxo Llop nos permiten matizar y completar el modelo de producción metalúrgico que fue descrito para La Vital hace una

década (Rovira Llorens y Montero Ruiz 2011). La ausencia de minerales y escorias y la presencia de crisoles y de bolitas de cobre llevaron a proponer una producción local a partir de metal bruto que debía haberse obtenido por reducción de minerales en lugares externos al poblado, con una posible procedencia de parte de ese metal de la provincia de Almería. Las bolitas de cobre son elementos que se extraen de la escoria después de la reducción del mineral, en general tienen forma esférica al formarse por su enfriamiento lento dentro de esas masas de escoria y sus dimensiones son variables (entre 2-5 mm), las más pequeñas quedan atrapadas y no se pueden recuperar (Rovira Llorens y Montero Ruiz 2011: 219).

En estos años, las investigaciones de Nicolau Escanilla (2016 y 2017) en las minas de la provincia de Murcia (incluido también Cerro Minado en Almería) ha permitido conocer mejor la geoquímica de los minerales de esta región intermedia. Su estudio (Escanilla 2017: 86, figura 7) revela tres grandes clases de mineralizaciones que a su vez pueden dividirse en grupos dependiendo de los contenidos de arsénico: óxidos y carbonatos de cobre, minerales ferrocupríferos y arseniatos de cobre. También Escanilla sugiere la preferencia por el uso y selección de minerales de cobre con altos contenidos en hierro y por los arseniatos durante el Calcolítico. Un problema añadido para determinar la procedencia de estas muestras minerales es que en las mismas minas donde aparecen predominan los arseniatos de cobre pero también se identifican minerales en los que apenas se detecta este elemento, por lo que a partir de una misma mineralización podrían generarse tanto metales arsenicados como metales con poco arsénico; en otras palabras, el contenido o la ausencia de arsénico no es criterio suficiente para proponer o descartar una procedencia, especialmente en restos metalúrgicos como las bolitas procedentes de la reducción del metal.

La probabilidad de conseguir cobres poco arsenicados a partir de minas en las que predominan los arseniatos será menor cuanto mayor volumen de mineral se procese de manera conjunta en una reducción. Sin embargo, las capacidades de las vasijas técnicas empleadas en el Calcolítico aunque son variables procesan generalmente pocos gramos, en torno a 350 g en las experimentaciones de Obón (2017 y Obón *et al.* 2020) con vasijas de 20-30 cm de diámetro. Por tanto, el resultado de cada reducción depende mucho de la composición concreta del mineral introducido y de las variables de ambiente, temperatura y tiempo de duración del proceso.

En la composición de estas bolitas de Sanxo Llop, incluida la aparecida en la estructura 103 (PA25603) se detectan siempre pequeños contenidos de arsénico (< 1 % As) que en principio no son compatibles con lo esperado del procesamiento de arseniatos como el recuperado en la estructura 59. Sin embargo, el estudio de la escoria de Camino de las Yeseras (Madrid) indica que, aunque allí se procesó un mineral con arsénico, una gran parte de las gotitas de metal atrapadas en la escoria era de cobre puro, y solo unas pocas reflejaban el polimetallismo del mineral empleado (arsénico, níquel y cobalto) (Rovira *et al.* 2011: 292).

En otros estudios experimentales (Rovira 2011-2012) con reducción de mineral poco arsenicado se llegan a detectar bolitas con proporciones de arsénico más altas que el contenido medio del mineral de partida. Todo ello está indicando la dificultad de valorar de manera individual el mineral de partida contando solo con la composición de elementos metálicos muy pequeños como son las bolitas. La composición final de esas gotitas o masas de metal es muy variable en las proporciones de cada elemento, aunque finalmente la fundición de un objeto acabará por homogeneizar y promediar el resultado.

Los estudios en la Cuenca de Vera (Montero Ruiz 1994; Murillo-Barroso *et al.* 2020) y en Murcia (Escanilla 2017) muestran el predominio de la producción de cobre arsenical; en cambio, la información que obtenemos de La Vital y Sanxo Llop, con un apreciable número de bolitas de cobre sin arsénico y algunos objetos de cobre sin arsénico o muy poco arsenicados, plantea dudas sobre su relación con esa metalurgia del Sureste, aunque se conozcan también minerales sin arsénico en esta misma zona. Escanilla (2017: 87-88 y 91) sugiere, tomando como base la situación en el poblado de Agua Amarga, donde se identifica un 40% de minerales del tipo arseniato de origen foráneo y un 60% de minerales sin arsénico de procedencia local, que podrían estar reduciéndose conjuntamente con el fin de conseguir un control en el contenido de arsénico.

En esta metalurgia calcólica de los yacimientos de la provincia de Murcia destaca, según Escanilla, el uso de minerales locales y foráneos en los yacimientos estudiados, lo que muestra un grado de movilidad del mineral, pero no del metal en bruto como fue sugerido para La Vital. En sentido contrario, los restos metalúrgicos de los yacimientos de la Cuenca de Vera (Murillo-Barroso *et al.* 2020) muestra el predominio de los minerales del entorno cercano. A la vez se empieza a observar que algunos objetos de metal recuperados en los yacimientos están fabricados con metal de zonas diferentes, es decir los objetos actúan de elementos de intercambio a más larga distancia.

Otra indicación de Escanilla es que la aparición de las bolitas como posible precursor de los lingotes de metal tiene un carácter cronológico y aparece en los últimos siglos del tercer milenio cal BC (Zájara sería del Calcolítico Final) y principalmente ya en la Edad del Bronce (Terlinques y La Bastida) y podríamos añadir a este listado el yacimiento de la Edad del Bronce de Santa Lucía en Castellón (Montero Ruiz *et al.* 2017). Sin embargo, es difícil de dotar de valor cronológico a la única forma en la que el metal puede ser recuperado tras la reducción del mineral y el comentario debe centrarse en el fenómeno de acumulación de bolitas y no a su aparición más o menos esporádica en los yacimientos donde se practica metalurgia.

Hay que indicar que, a diferencia de las agrupaciones de bolitas señaladas por Escanilla, ni en La Vital, ni en Sanxo Llop aparecen más de dos bolitas en el mismo contexto, lo que sugiere una dispersión de estos restos producto de actividades no simultáneas o contemporáneas. Estas bolitas, aunque pudiesen ser utilizadas como elemento de intercambio también

aparecen en los sitios donde se reduce el mineral, como Almizaraque o Santa Barbara (Murillo-Barroso *et al.* 2020), pero a diferencia de las que se agruparían para su intercambio como metal en bruto o agrupadas para un proceso de fundición concreto que no se llegó a producir, las bolitas aparecen sueltas o dispersas correspondiendo probablemente a pérdidas accidentales por su tamaño reducido. Su presencia debe valorarse de manera conjunta con el resto de las evidencias metalúrgicas y del contexto de aparición y admitiendo en su interpretación las limitaciones propias de representatividad del registro arqueológico.

Si recapitulamos la información de los yacimientos de Gandía tendríamos, por un lado, los crisoles que solo se identificaron en la zona de Alquería de Sant Andreu, desconectados espacialmente de las bolitas que aparecen en la zona de La Vital. En Sanxo Llop aparecen unas pocas bolitas dispersas y otros contextos distintos con crisoles. Solo en la estructura 126 aparecen ambos elementos de manera conjunta.

Los crisoles de la Alquería de Sant Andreu sugieren (Rovira y Montero Ruiz 2011: 223) que podían estar refundiéndose en un mismo crisol bolitas con y sin arsénico, a diferencia de la coreducción de minerales planteada para Agua Amarga por Escanilla (2016). Por otro lado, tanto en La Vital como en Sanxo Llop aparecen objetos en cobre sin arsénico que indican que solo se procesó metal sin impurezas y que en consecuencia la mezcla de ambos tipos de bolitas de cobre (con o sin arsénico) no está condicionada por criterios tecnológicos para controlar una aleación arsenicada.

Si no fue en el poblado de Sanxo Llop, por falta de evidencias, en algún otro lugar se redujeron minerales de cobre de bastante pureza obteniendo bolitas de metal con las que se fabricaron objetos de cobre puro (sin arsénico); esta última etapa productiva sí pudo ocurrir en los yacimientos de Gandía donde tenemos bolitas y crisoles documentados con estas características.

Pero a esa realidad ahora hay que sumar la aparición de mineral de cobre del tipo arseniato (PA25503) en Sanxo Llop y restos de crisol en el que se procesó un metal con las mismas características (arsénico y además plata y bismuto). La posibilidad de que en algún momento pudiera haberse realizado actividades de reducción en el poblado, aunque no se ha identificado ninguna vasija de reducción entre el material de las excavaciones de 2011 y 2016, debe tenerse presente dado el fragmentario registro que se recupera.

Las dos posibilidades no son excluyentes y pudieron compaginarse durante el amplio periodo de tiempo de ocupación de estos yacimientos. Incluso la relativa homogeneidad de las bolitas con contenidos bajos de arsénico de Sanxo Llop puede ser producto de una reducción de otro tipo de minerales con contenidos medios-bajos de arsénico que no son los arseniatos señalados de la UE 59; el predominio de bolitas de cobre puro en La Vital obedecería al procesamiento de minerales más puros. No olvidemos que en este tipo de poblados solo conocemos restos dispersos que se han acumulado en rellenos de hoyos y no estructuras o espacios de taller, y ni siquiera podemos definir espacios domésticos claros, como en los poblados de Las Pilas o Almizaraque (Murillo-Barroso *et al.* 2017).

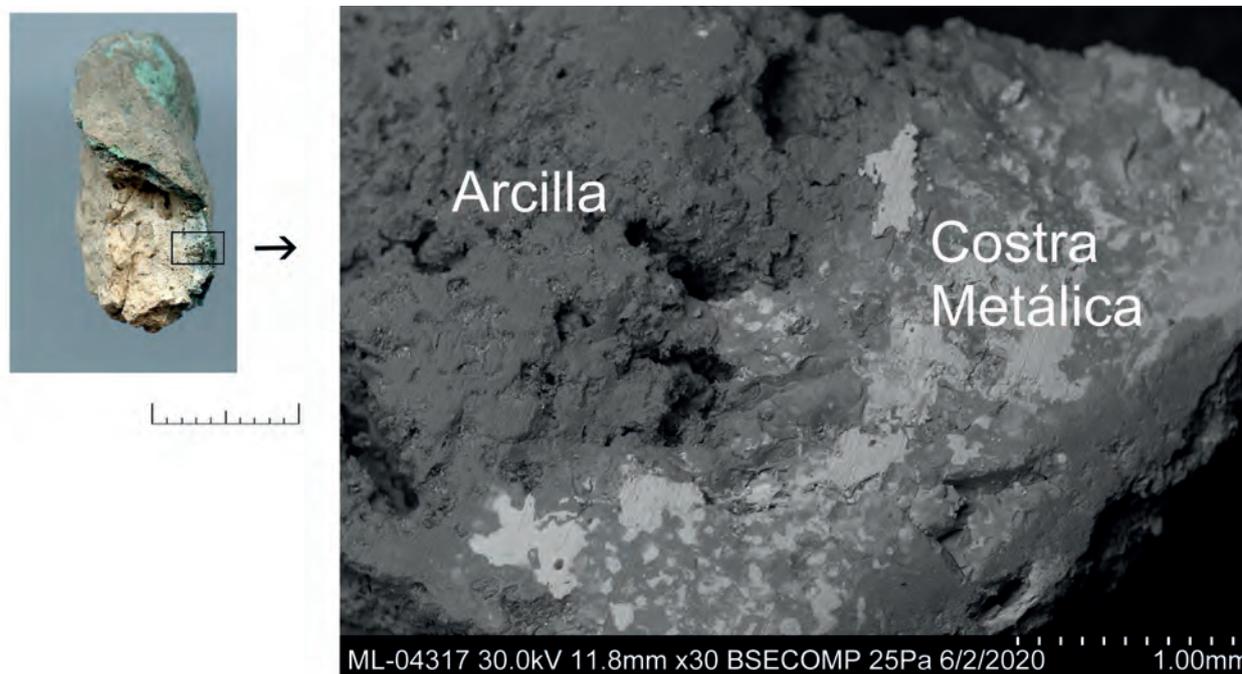


Figura 13. Borde del crisol PA25607 e imagen SEM-BSE del mismo en el que se aprecia la costra metálica sobre los restos de arcilla. Autor: Ignacio Montero.

### Procedencia del metal en los yacimientos calcolíticos de La Vital y Sanxo Llop

Teniendo en cuenta los comentarios anteriores, la procedencia del mineral y del metal recuperado en los yacimientos de Gandía puede ilustrar sobre la organización de la producción metalúrgica en una zona donde no existen recursos minerales locales (< 50 km). Afortunadamente contamos con una mejor caracterización isotópica de los minerales del Sureste de la que fue utilizada en 2011, con minerales de Cerro Minado y Pinar de Bédar (Murillo-Barroso *et al.* 2019) y estudios detallados de la metalurgia de la Cuenca de Vera (Murillo-Barroso *et al.* 2020) que nos permiten valorar la posibilidad de mezclas de metal que entonces se proponía. Los nuevos análisis

de Sanxo Llop corresponden a 6 muestras (figura 14) y han sido analizados en el Servicio de Geocronología de la Universidad del País Vasco con la técnica MC-ICP-MS (para una detallada descripción de la metodología empleada véase Murillo-Barroso *et al.* 2020 y Rodríguez *et al.* 2020): el mineral arsenicado y un cincel sin arsénico de la ES59, una masa metálica con arsénico y un punzón arsenicado de la ES105, y una costra de crisol y un goterón de cobre ambos con contenidos bajos de arsénico de la ES126, que representan las principales combinaciones de composición.

El fragmento de mineral de Sanxo Llop (PA25503) se caracteriza por una proporción alta de arsénico, impurezas como el bismuto, plata, antimonio y zinc y especialmente de mercurio, aunque en esta muestra no se ha detectado cobalto. Un polimetallismo similar se identifica en minerales de las minas de

Objeto	Inventario	UE	<sup>208</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	As %
Cincel	PA25490	59001	2,10569	0,85329	18,4161	15,7148	38,7802	0,06
Mineral Cu	PA25503	59003	2,08447	0,84542	18,6482	15,7655	38,8716	33,6
Masa metálica	PA25483	105001	2,08340	0,84330	18,6061	15,6904	38,7640	1,08
Punzón	PA25484	105001	2,07608	0,84017	18,6641	15,6809	38,7480	1,58
Costra Crisol	PA25607	126001	2,09519	0,85191	18,3908	15,6672	38,5322	0,26
Goterón Cu	PA25612	126001	2,09369	0,84903	18,4661	15,6783	38,6623	0,60

Figura 14. Análisis de isótopos de plomo (MC-ICP-MS) y contenido de arsénico en los metales y restos metalúrgicos de Sanxo Llop. Autor: Ignacio Montero.

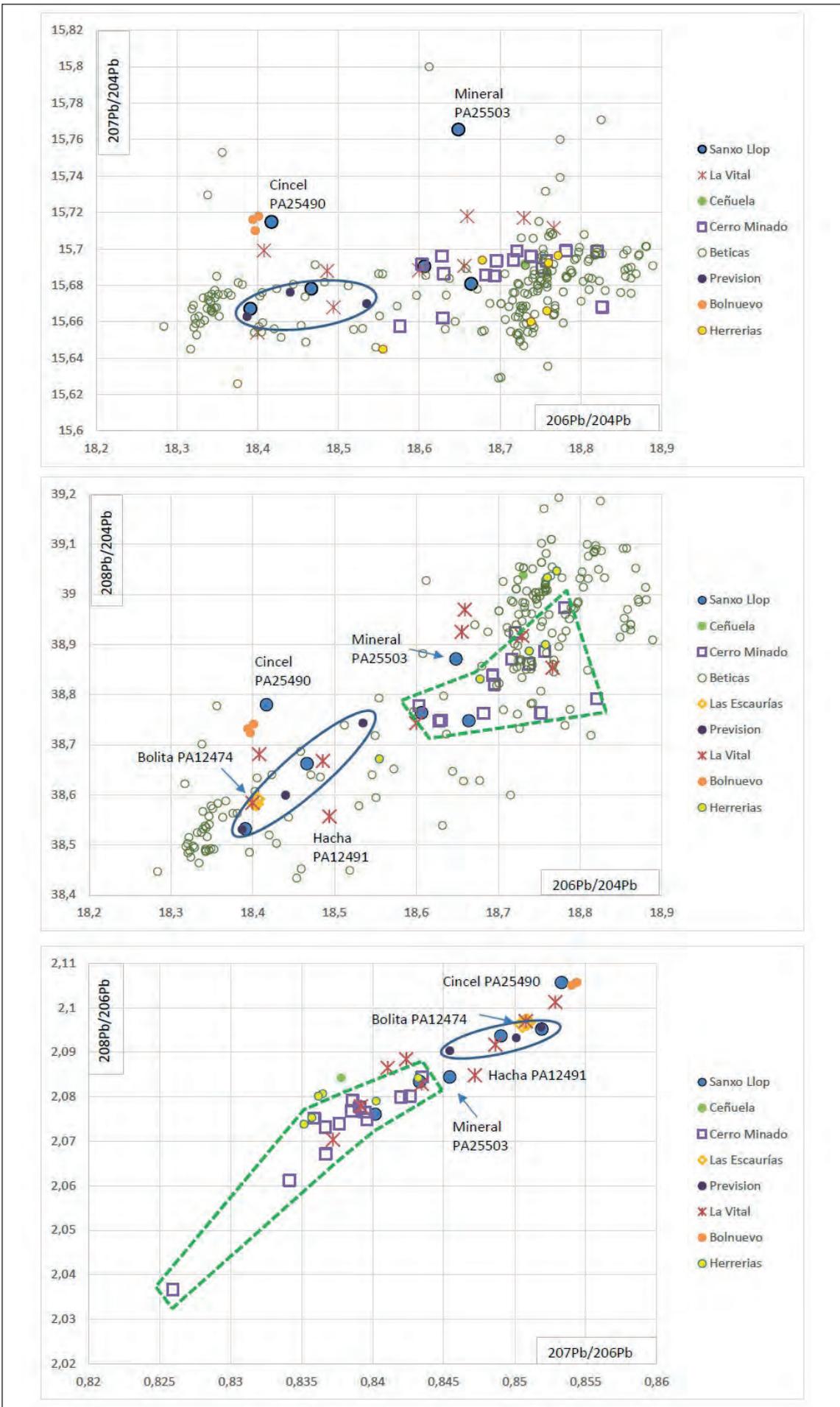


Figura 15. Gráficas comparativas de las ratios de isótopos de plomo de los objetos de Sanxo Llop y La Vital con las mineralizaciones de cobre con las que pueden relacionarse comentadas en el texto. Autor: Ignacio Montero.

Muestras	Zona	Distancia euclídea
Mineral PA25503 Sanxo Llop		0
Herrerías	Herrerías	0,0874
Mina Hernán Cortes	Sierra de Baza	0,0903
Mina Campoy	CS	0,0975
Cerro Minado	Almagro	0,0978
Mina Campoy	CS	0,0988
Cerro Minado	Almagro	0,0989

Figura 16. Cálculo de las distancias euclídeas del mineral de Sanxo Llop, en relación con los minerales de la base de datos del Proyecto Arqueometalurgia de la Península Ibérica (1285 registros). Se ha seguido la fórmula empleada por Birch *et al.* (2019). Autor: Ignacio Montero.

Cerro Minado y de Herrerías (Murillo-Barroso *et al.* 2019) y en minerales de los yacimientos de Almazaraque y Puente de Santa Bárbara que parecen haber obtenido el mineral de esas minas (Murillo-Barroso *et al.* 2020). Escanilla también menciona este polimetalismo en los minerales del yacimiento de Agua Amarga (Escanilla *et al.* 2016) y en base a esta composición lo vincula con una posible procedencia de Cerro Minado, aunque plantea también la opción de las minas de Oria.

El análisis de isótopos de plomo de este mineral de Sanxo Llop no permite establecer una concordancia precisa con ningún mineral de los conocidos (figura 15), pero permite descartar la opción de las minas de Oria ya que los datos disponibles de la Mina Don Jacobo que presenta ese tipo de polimetalismo son diferentes. Valores elevados en la ratio 207Pb/206Pb (>15,75) como el mineral de Sanxo Llop se producen solo en los minerales de la Sierra de Bedar, sin embargo, la comparativa de la distancia euclídea, aunque ya hemos indicado que no existe una gran proximidad con los minerales de la base de datos (valores >0,05), muestra que los minerales que más se aproximan al de Sanxo Llop son los de Herrerías y Cerro Minado (figura 16), con alguna muestra de la mina Campoy (Vall d'Uxo, Castellón). La composición de los minerales de cobre de esta mina castellonense se caracteriza por una alta proporción de antimonio y mucho menor de arsénico (minerales de Tetraedrita), con plomo, zinc y sin mercurio.<sup>1</sup> La composición con plomo y zinc la aleja como posible opción de procedencia quedando las minas de Cerro Minado o Herrerías como las de mayor probabilidad con los datos actuales. Aún faltan datos de otras minas de

1. Los análisis son inéditos y corresponden a los números de análisis PA20690, PA20691, PA20692 y PA20693 con proporciones de cobre del 43 al 70 %, antimonio entre el 6 y 17 %, de arsénico entre 0,4 y 3 %, de zinc entre 8 y 23 % y plomo del 9 al 30 %.

la provincia de Murcia que Escanilla (2017) indica que contienen arsénico, como la Mina Malcamino en la Sierra de las Moreras que también llevan Hg y Bi y que podrían presentar valores isotópicos más próximos al mineral de Sanxo Llop.

El cincel PA25490 de los niveles superficiales de la estructura 59 es un cobre bastante puro, sin cantidades significativas de arsénico (<0,1%) pero con algo de antimonio (0,2%). La signatura isotópica es distinta al resto de materiales y por el momento solo tiene proximidad en las mineralizaciones de las sierras Béticas con los minerales murcianos de las minas de Bolnuevo (figura 15a). Aunque las muestras geológicas de referencia son de galena, Escanilla hace mención a la existencia de mineral de cobre con presencia de antimonio y arsénico (Escanilla 2017: figura 12) en esta zona de Bolnuevo, mineralización que se extiende por otras zonas de la Sierra de las Moreras de donde no tenemos datos isotópicos comparativos, como ya se ha comentado. Sin embargo, estos minerales incluyen el arsénico, por lo que quizás deberíamos buscar como opciones para la obtención del cobre del cincel en otras minas de la zona con minerales ferrocobrizos, como Balsicas, que presentan trazas importantes de mercurio y antimonio y ausencia generalizada de arsénico, níquel y cobalto. Los minerales de galena de Bolnuevo, de momento, sirven como referencia de que signaturas isotópicas similares son posibles en este espacio geográfico.

La masa metálica (PA25483) y el punzón de Sanxo Llop (PA25484), ambos de la estructura 105, son cobres arsenicados con valores entre el 1 y 1,6% As, es decir, proporciones medias, no muy elevadas; además en el punzón se detecta bismuto (0,19%). Los isótopos de plomo sugieren para ambas piezas una procedencia de Cerro Minado (figuras 15b y c). En el caso de la masa metálica la signatura isotópica es casi idéntica a una bolita de cobre de La Vital (PA12483) sin arsénico.

Esta contradicción en la presencia/ausencia de arsénico podemos superarla si consideramos a este tipo de bolita como metal en bruto producto de la reducción del mineral, y no como residuo de una colada de crisol donde la composición se ha homogeneizado. Si se trata de la primera opción no tiene sentido justificar su falta de arsénico como consecuencia de una posible mezcla o reciclaje (Rovira y Montero 2011). Quizás esta ausencia de arsénico sea un elemento circunstancial en su formación durante la transformación del mineral, como hemos comentado anteriormente que sucede tanto en experimentos como en material arqueológico. La posición relativa entre la bolita, la masa metálica y el mineral de Cerro Minado más cercano (CM3) permanece constante. Esta muestra de Cerro Minado se describe como Malaquita entre filitas y es la única de la serie en la que no se detecta arsénico con el análisis de mayor precisión ICP-MS (Murillo-Barroso *et al.* 2019: Table 3).

Las dos muestras de la ES126 muestran ratios isotópicas no muy diferentes. Por un lado, los restos de crisol (PA25607) tienen las proporciones más bajas del conjunto en la ratio 208Pb/204Pb. Esta región es compleja de interpretar porque en ella se solapan

mineralizaciones de diferentes áreas geográficas. Si atendemos a la distancia euclídea podrían conectarse con la mineralización de la mina Previsión (Fiñana, Almería) que tiene minerales de cobre con contenidos moderados de arsénico. En el área de distribución de esa mina también quedaría englobado el goterón de cobre de la misma unidad (PA25612), pudiendo por tanto ambas tener la misma procedencia al igual que otra bolita de La Vital (PA12471) que aparece en las distintas gráficas siempre dentro del campo isotópico de estas minas (figuras 15b y c).

La revisión del resto de resultados de los metales de La Vital permite vincular con Cerro Minado-Herrerías una bolita (PA12475) que lleva un 0,93% As y un punzón (PA12487) con 1,8% As. Ambas presentan una ratio 207Pb/204Pb algo más alta que los minerales de Cerro Minado (figura 15a) y podrían encajar mejor en los minerales de Cartagena, pero cuando se compara en la gráfica (figura 15c) con las ratios sin el isótopo 204 (que es el que mayor margen de error tiene) se comprueba su mejor ajuste con Cerro Minado y los materiales arqueológicos de la Cuenca de Vera.

Otras dos piezas de La Vital presentan una situación similar, pero se distancian más de los minerales de Cerro Minado y su asignación no es muy clara. Además, el cincel (PA12489) es un cobre sin arsénico pero con plomo, lo que no permite seguir una argumentación similar a la realizada con las bolitas, siendo opciones la sierra de Enmedio (Mina Santa Isabel) donde Escanilla (2016: 172 y 749) identifica minerales con plomo y sin arsénico. Serían necesarios datos de isótopos de plomo de estas minas para confirmar esta posibilidad o que pueda tratarse de una mezcla por reciclado.

El resto de metales de La Vital con valores inferiores a 18,5 en la ratio 206Pb/204Pb quedan fuera del área de distribución de los restos metalúrgicos de los yacimientos de la Cuenca de Vera, pero podrían proceder de otras minas dentro de las cordilleras Béticas del Sudeste (como el antes comentado en relación con la mina Previsión de Fiñana), quedando descartado el distrito de Linares. Hay una buena coincidencia entre la bolita de cobre puro PA12474 con los minerales de Las Escaurias de la Serranía de Ronda en Málaga cuyos minerales de cobre según Renzi *et al.* (2016: 151-153, tab. 3) tienen impurezas cuantitativamente bajas y serían compatibles.

El hacha de La Vital (PA12491), la pieza de mayor volumen de metal, se localiza en las gráficas en una posición sin conexión clara con las mineralizaciones hasta ahora comentadas. Los minerales más próximos (aunque con valores muy altos) por distancia euclídea corresponden a la zona de Los Pedroches (Córdoba) o de la Sierra de Guadarrama (Madrid) pero no pueden ser propuestos como procedencia por quedar fuera del campo isotópico de esas minas. En cualquier caso, al tratarse de una pieza que utiliza mucho metal, la posibilidad de mezcla de metales de diversas procedencias no puede descartarse, especialmente en contextos en los que la reducción primaria de mineral no se encuentra extensamente documentada y no cuentan con abundantes mineralizaciones de cobre en el entorno.

## Conclusiones

Yacimientos con grandes extensiones y con ocupación amplia en el tiempo como son los distintos sectores de los yacimientos de las orillas del río Serpis en Gandía son difíciles de interpretar a nivel funcional y espacial por su heterogeneidad en la distribución del registro arqueológico y en ocasiones el reaprovechamiento funerario de algunas estructuras (en Sanxo Llop sería la 59 descrita en este artículo). Desde el punto de vista metalúrgico se observan diferencias en la distribución de los materiales debido a que en la mayor parte de los casos se trata de desechos acumulados y no aparecen en espacios domésticos definidos. Por tanto, no contamos con talleres metalúrgicos, pero sí con elementos que prueban que diferentes actividades de producción y probablemente de reducción se realizaron en esta zona, que carece de recursos minerales de cobre en su entorno inmediato. La datación de la estructura 126 de Sanxo Llop permite confirmar una actividad metalúrgica precampaniforme que pudo mantenerse con distinta intensidad durante todo el Calcolítico (al menos 400-500 años). Las evidencias son escasas y en ese largo periodo de tiempo pudieron desarrollarse estrategias distintas, desde llegada de minerales (arseniato de cobre) como ocurre en la estructura 59 de finales del Calcolítico, y producirse cambios en el circuito de intercambio de materias primas desde zonas del Sur. La presencia/ausencia de determinados materiales debido a una escala de baja producción y consumo de metal que caracteriza al Calcolítico se ve condicionada por la formación del registro arqueológico. El material de Sanxo Llop complementa la visión parcial obtenida en La Vital y estudios arqueometalúrgicos en curso de todo el material proporcionado por este yacimiento nos proporcionarán nuevos datos para entender mejor la tecnología metalúrgica de este periodo.

Desde el punto de vista de los intercambios, los datos disponibles apuntan a que el mineral y el metal de los yacimientos de Gandía durante el Calcolítico proceden de las mineralizaciones de las cordilleras Béticas, principalmente de las provincias de Almería o Murcia e incluso de Málaga. Es clara la presencia de metal obtenido de las minas de Cerro Minado, las únicas que de momento cuentan con dataciones radiocarbónicas que confirman su explotación prehistórica en la segunda mitad del III milenio cal AC (Delgado *et al.* 2014). Pero también queda indicado que otros metales, especialmente los objetos ya manufacturados, pueden proceder de otras zonas distintas aún por determinar. La ausencia de mineralizaciones de cobre en las proximidades de Gandía obliga a un intercambio ya sea como mineral, metal en bruto o piezas acabadas, que pueden ser complementarios entre sí. El modelo de producción local y circulación o intercambio de los objetos elaborados que se propone para la Cuenca de Vera (Murillo-Barroso *et al.* 2020) parece funcionar también en esta región donde no existe disponibilidad de mineral y demuestra círculos abiertos y no restringidos de interconexión.

## Agradecimientos

Los análisis elementales y de isótopos de plomo han sido financiados por los proyectos de I+D+i HAR2017-82685-R del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y PID2019-108289GB-I00 / AEI / 10.13039/501100011033) del Ministerio de Ciencia e Innovación cuyo IP es Mercedes Murillo-Barroso. Los autores agradecen el apoyo técnico y humano de los SGiker (UPV/EHU/ERDF, EU).

Josep Pascual Beneyto  
Museu Arqueològic d'Ontinyent i La Vall d'Albaida.  
C/ Regadiu n.º 15 Bocairent 46880 València  
arqueologiapascual@gmail.com

Llorenç Alapont  
C/ Sant Roc n.º 9a. 46040 Silla, València  
llor.alapont@gmail.com

Mercedes Murillo-Barroso  
Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad  
de Granada. Campus de Cartuja s/n, 18071 – Granada  
murillobarroso@ugr.es

Ignacio Montero-Ruiz  
Instituto de Historia - CSIC. C/ Albasanz, 26-28  
28037-Madrid  
ignacio.montero@cchs.csic.es

Data de recepció: 16/02/2021  
Data d'acceptació: 03/06/2021

## Bibliografía

- BIRCH, T., WESTNER, K. J., KEMMERS, F., KLEIN, S., HÖFER, H. E., SEITZ H.-M. (2019). Retracing Magna Graecia's silver: coupling lead Isotopes with a multi-standard trace element procedure. *Archaeometry*, 62 (1): 81-108.
- CABANILLES, J. J. (2008). *El utillaje de piedra tallada en la prehistoria reciente valenciana. Aspectos tipológicos, estilísticos y evolutivos*. Serie Trabajos varios 109. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Valencia.
- DELGADO, S., ESCANILLA, N., RISCH, R. (2014). Mazas ocultas. Rastros de minería prehistórica en el Cerro Minado de Huércal-Overa (Almería). *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 24: 13-44.
- ESCANILLA, N. (2016). *Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular. El valle del Guadalentín*. PhD Thesis Universitat Autònoma de Barcelona.
- ESCANILLA, N. (2017). Minería y metalurgia calcólicas en el sudeste de la península ibérica. Hacia un modelo interconectado. *MARQ. Arqueología y Museos*, 8: 77-100.
- ESCANILLA ARTIGAS, N., BOURGARIT, V. y MILLE, B. (2016). Mezcla de minerales y cobre arsenical durante el calcolítico. El excepcional caso de Agua Amarga (La Fuensanta, Lorca). *Alberca*, 14: 7-30.
- MONTERO RUIZ, I. (1994). *El origen de la metalurgia en el sudeste de la Península Ibérica*. Instituto de Estudios Almerienses. Colección de Investigación, n.º 19.
- MONTERO-RUIZ, I., MURILLO-BARROSO, M., AGUILLELLA, G. y ROVIRA, S. (2017). Small scale Bronze Age metallurgy: new data from Santa Llúcia (Alcossebre, Castellón, Spain). En I. MONTERO RUIZ y A. PEREA (eds.). *Archaeometallurgy in Europe IV: 79-89. Bibliotheca Praehistorica Hispana XXXIII*. Editorial CSIC. Madrid. ISBN: 978-84-00-10287-6.
- MURILLO-BARROSO, M., MARTINÓN-TORRES, M., CAMALICH MASSIEU, M. D., MARTÍN SOCAS, D. y MOLINA GONZÁLEZ, F. (2017). Early metallurgy in SE Iberia. The workshop of Las Pilas (Mojácar, Almería, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2017: 1-31.
- MURILLO-BARROSO, M., MONTERO-RUIZ, I., NIETO, J. M., CAMALICH MASSIEU, M. D., MARTÍN SOCAS, D. y MARTINÓN-TORRES, M. (2019). Trace elements and lead isotopic composition of copper deposits from the eastern part of the Internal Zone of the Betic Cordillera (SE Iberia): application to provenance of archaeological materials. *Journal of Iberian Geology*, 45(4): 585-608. DOI: 10.1007/s41513-019-00111-1.
- MURILLO-BARROSO, M., MONTERO-RUIZ, I., CAMALICH MASSIEU, M. D., MARTÍN-SOCAS, D., LABAUNE, M., CATTIN, F., NIETO, J. M., MARTINÓN-TORRES, M. (2020). Raw material procurement and selection in Southeast Iberia's early metallurgy. *Trabajos de Prehistoria*, 77(1): 87-112. <<https://doi.org/10.3989/tp.2020.12248>>.
- PASCUAL BENEYTO, J., BARBERÁ, M., LÓPEZ, L., CARDONA, J., ROVIRA, S., PASCUAL BENITO, J. Ll. (2008). L'Alqueria de Sant Andreu (Gandia). Avanç sobre un assentament costaner de finals del Neolític, En: Mauro S. HERNÁNDEZ PÉREZ, Jorge A. SOLER DÍAZ y Juan A. LÓPEZ PADILLA (editores). *IV Congrés del Neolític en la Península Ibèrica* (27-30 de novembre de 2006). Tomo I, 58-69, MARQ. Alicante.

- RENZI, M., BODE, M., MARZOLI, D. (2016). Ausbeutung von Bergbauressourcen im Umland von Los Castillejos de Alcorrín (Manilva, Málaga) (Ende 9. Und 8. Jh. v. Chr.). *Madriider Mitteilungen*, 57: 139-211.
- RODRÍGUEZ, J., MONTERO-RUIZ, I., HUNT-ORTIZ, M., GARCÍA-PAVÓN, E. (2020). Cinnabar provenance of Chalcolithic red pigments in the Iberian Peninsula: a lead isotope study. *Geoarchaeology*, 2020: 1-12.
- ROVIRA, S. (2011-12). Arqueometalurgia experimental en el departamento de Prehistoria y Arqueología de la UAM. *CuPAUAM*, 37-38: 105-120.
- ROVIRA, S. y MONTERO-RUIZ, I. (2011). Aspectos metalúrgicos. En: G. PÉREZ JORDÁ, J. BERNABEU, Y. CARRIÓN, O. GARCÍA, LL. MOLINA y M. GÓMEZ (eds.). *La Vital (Gandía, Valencia). Vida y muerte en la desembocadura del Serpis durante el II y el I milenio a.C.* Serie trabajos varios 113. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Valencia: 219-227.
- ROVIRA, S., BLASCO, C., RÍOS, P., MONTERO, I. y CHAMÓN, J. (2011). La Arqueometalurgia. En: C. BLASCO, C. LIESAU y P. RÍOS (eds.). Yacimientos calcolíticos con Campaniforme de la región de Madrid: nuevos estudios. *Patrimonio Arqueológico de Madrid*, 6: 291-309.
- ROVIRA LLORENS, S. y MONTERO RUIZ, I. (2018). Proyecto de arqueometalurgia de la Península Ibérica (1982-2017). *Trabajos de Prehistoria*, 75 (2): 223-247. <<https://doi.org/10.3989/tp.2018.12213>>.