

EL COBRE, HEREDERO DEL ORO

El cobre en la antigüedad

El cobre es el elemento más estudiado en la antigüedad, y su uso va a aunar el Neolítico con la edad de los metales a través de un intermedio, denominado Calcolítico, derivado del nombre que daban al cobre los griegos: **KALKOS** (χαλκός); de origen geográfico, por ser Chalkis una pequeña población de la isla griega de Eubea y uno de los primeros centros de producción de cobre. Esta denominación griega no es la que va a propagarse y extenderse por las civilizaciones antiguas¹, pues siendo el cobre el metal más generalizado en la cultura neolítica y post neolítica, los idiomas primitivos relacionaban cualquier metal con el cobre, y así sirvió como acepción de metal por excelencia influyendo como veremos con el origen del nombre de otros metales.

La raíz indoeuropea se encarga de propagar lingüísticamente al cobre por toda Europa y Asia. Precisamente la arqueología de este metal, va a servir de camino a la tan discutida propagación de las lenguas protoindoeuropeas. Vamos a exponer algunos hallazgos arqueológicos perfectamente datados a través del carbono 14 que nos acercarán a los focos iniciales de la cultura del cobre.

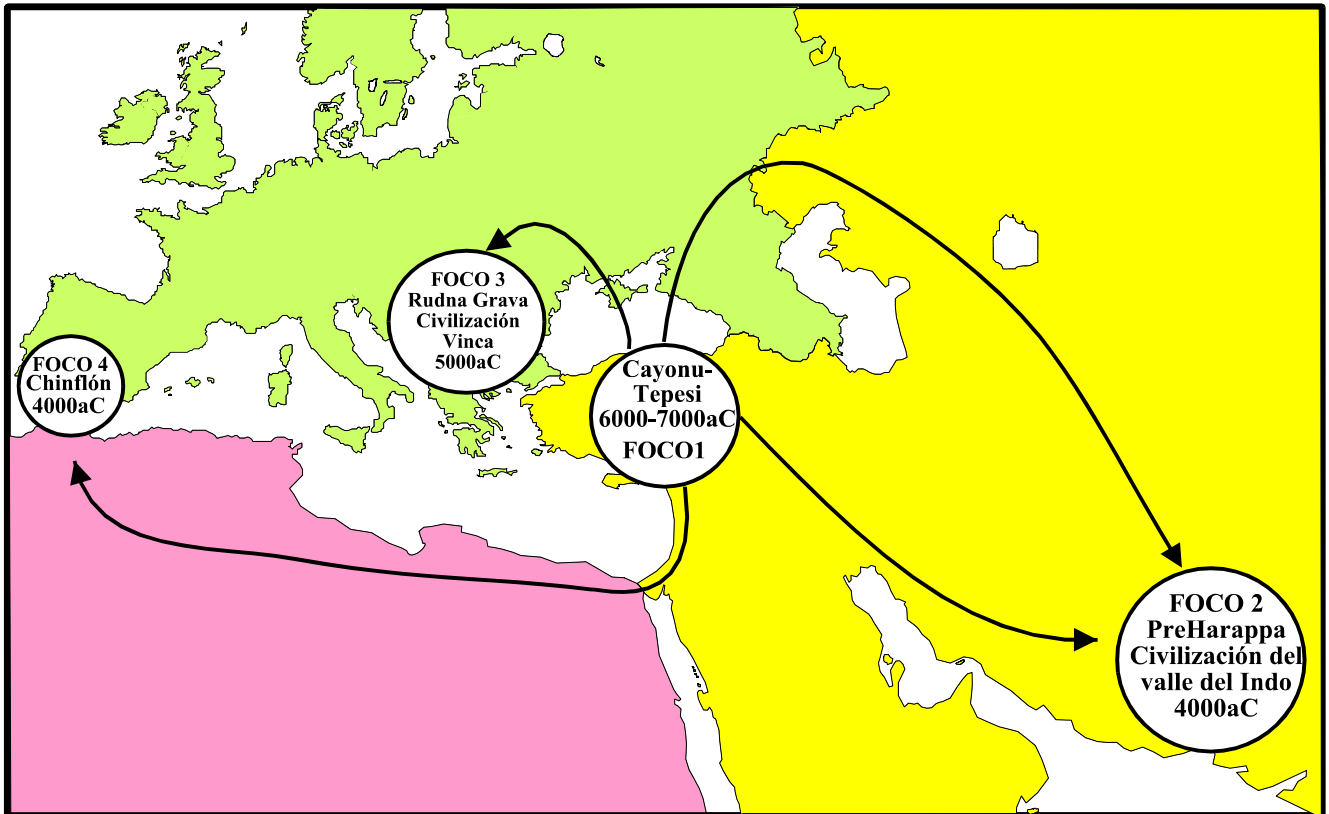
El primer foco lo situaremos en una zona poco estudiada de Asia menor, en la cuenca superior del río Tigris, exactamente en la aldea de Cayonu Tepesi, actualmente en Turquía. Allí en el cuarto nivel de ocupación datado con anterioridad al 7000 a.C. se encontraron los siguientes elementos:

- a. Una herramienta para golpear.
- b. El extremo de un escariador de sección transversal cuadrada que se había moldeado a martillazos a partir de una masa de cobre nativo.
- c. Tres pequeños objetos de cobre parecidos a alfileres, en dos de estos que no estaban completos, el metal había sido raspado para formar una punta, mientras que el tercer alfiler tenía punta en ambos extremos y estaba doblado en ángulo recto.

Todos estos hallazgos revelan que los habitantes de aquella zona usaban el cobre como herramienta 7000 años antes de Cristo. En Asikli Hüyük, en la misma zona en excavaciones realizadas entre 1989 y 1990, también se encontraron collares con cuentas de cobre nativo. En la actualidad todavía existen minas de cobre nativo a 20 kilómetros de dicho lugar.

Entre el foco 1 y 2, tenemos la zona desde el noroeste de Siria hasta las montañas de Sialk en Irán, que con una antigüedad del 5000 a.C. al 2000 a.C. proporcionan yacimientos y objetos de cobre (se catalogaron 140 en la expedición de la universidad de Chicago, de 1932-38). La mayoría de los objetos de cobre eran bronce al arsénico, o sea de Cu con un 0,1 a un 2% de As, procedentes de la reducción de malaquitas y cupritas y hacían referencia a alfileres, espátulas y escariadores. En los últimos períodos (fase G de excavaciones), con datación del 2890 a.C., aparecieron objetos de Cu con una proporción de Sn de hasta el 8,5% que indicaba la elaboración de una aleación no natural. Los hallazgos en períodos anteriores (3500- 4000 a.C.) en las excavaciones de los montes Sialk y en Tepe Yahya (zonas de Irán junto al golfo Pérsico, que corresponden a los reinos de Sumer y Elam), más abundantes en objetos de Co, con As y Ni (posiblemente procedente de yacimientos de Omán), revelan el empleo de temperaturas elevadas dado que los objetos habían sido fundidos para moldearlos, y no lo fueron por martilleo en frío.

¹ Sólo el lituano GELEZIS, el ruso ZELEZO, y el serbocroata ZELJEZO y GELEZIS derivan de la acepción griega.



Focos de propagación de la cultura del cobre

El segundo foco lo encontramos en la civilización del valle del río Indo. Las excavaciones efectuadas en 1974 en la zona de Mehrgarth en el actual Pakistán datadas con anterioridad al 6000 a.C. en lo que se llamó Mehrgarth I, descubren determinados restos óseos. Pues bien, en los huesos inferiores de la pierna de un niño, Quivrón, de la misión arqueológica francesa exhuma y encuentra una pequeña cuenta de cobre cilíndrica. En el segundo período de la misma zona, datado entre el 6000 y el 5500 a.C., se extrajeron una cuenta de cobre y un anillo. Evidentemente el cobre en este caso se había empleado como adorno. Tanto en el foco primero como en el segundo el punto de partida era el mineral nativo, muy escaso.

El tercer foco está en Europa y es el prototipo de la cultura Vin.**a.** que floreció en el calcolítico entre los 6000 y 3000 a.C. en la zona de los Balcanes. De las primitivas minas de cobre europeas la mejor, más estudiada y antigua es la de Rudna Grava en la antigua Yugoslavia. Allí nuestros primitivos mineros extraían con mazas de sílex y cinceles de piedra que tenían unos 25cm de largo por 10cm de ancho, pesando entre 2 y 4 kilos, el mineral de cobre: fundamentalmente carbonato de cobre. Calentaban la roca con pequeños fuegos y la enfriaban bruscamente con agua aprovechando la expansión del vapor para fracturarla. El mineral no se fundía allí mismo sino a 80 km en un valle del río Morava. Ya tenemos el primer ejemplo perfectamente datado a través de los restos que dejaron los primitivos mineros de la primera metalurgia del cobre, no ya en Europa sino en el mundo, a finales del quinto milenio antes de Cristo. ¿Qué hacía el pueblo vin.**a.** con este cobre? Las primeras herramientas y quizá las primeras armas. Así se han encontrado:

- a. Hachas con mango y cinceles (herramientas e incluso armas).
- b. Brazaletes (elementos de adorno).

Todavía podríamos considerar un cuarto foco, aislado de los otros tres, e incluso aceptarlo como una cultura independiente. Lo situaríamos en Iberia, en la zona de Tartesos, actual golfo de Cádiz y

Huelva. Allí tenemos la mina de Chinflón, en la que a partir de malaquita, carbonato de cobre, se extrajo cobre en el 3500 a.C. Así aparece en el dolmen 4 de Chinflón, un trozo de alfiler o punzón de cobre muy corroído, esto fue todo lo que quedó del expolio vecinal de los "buscadores de tesoros". En un simple hoyo excavado en el suelo y rodeado de un pequeño muro sin revestimientos ni toberas, se introducía la malaquita con carbón vegetal, calentándose. Era preciso dejar enfriar el proceso, para extraer la escoria, desmenuzarla y sacar de ella las pequeñísimas pepitas de cobre formadas. No se encontraron fuelles, por lo que la temperatura no podía ser muy alta, produciéndose escaso rendimiento.

¿Se generó este tipo de metalurgia de forma independiente?

Los únicos hornos parecidos a éstos son los del Sinaí. Los otros tres focos quedan muy lejos. La explicación más fácil sería colonización por parte de primitivos egipcios de la zona del golfo de Cádiz, originando la cultura de Tartesos. La minería en Chinflón se desarrollaría fuertemente más tarde, cuando los mineros tuvieron instrumentos metálicos para perforar la roca. Sin embargo la explotación durante varios miles de años de estas minas, agotó prácticamente toda la flora de la zona, al requerir el carbón vegetal necesario para las fusiones y reducciones del mineral, lo que podría ser el origen de la desertización andaluza.

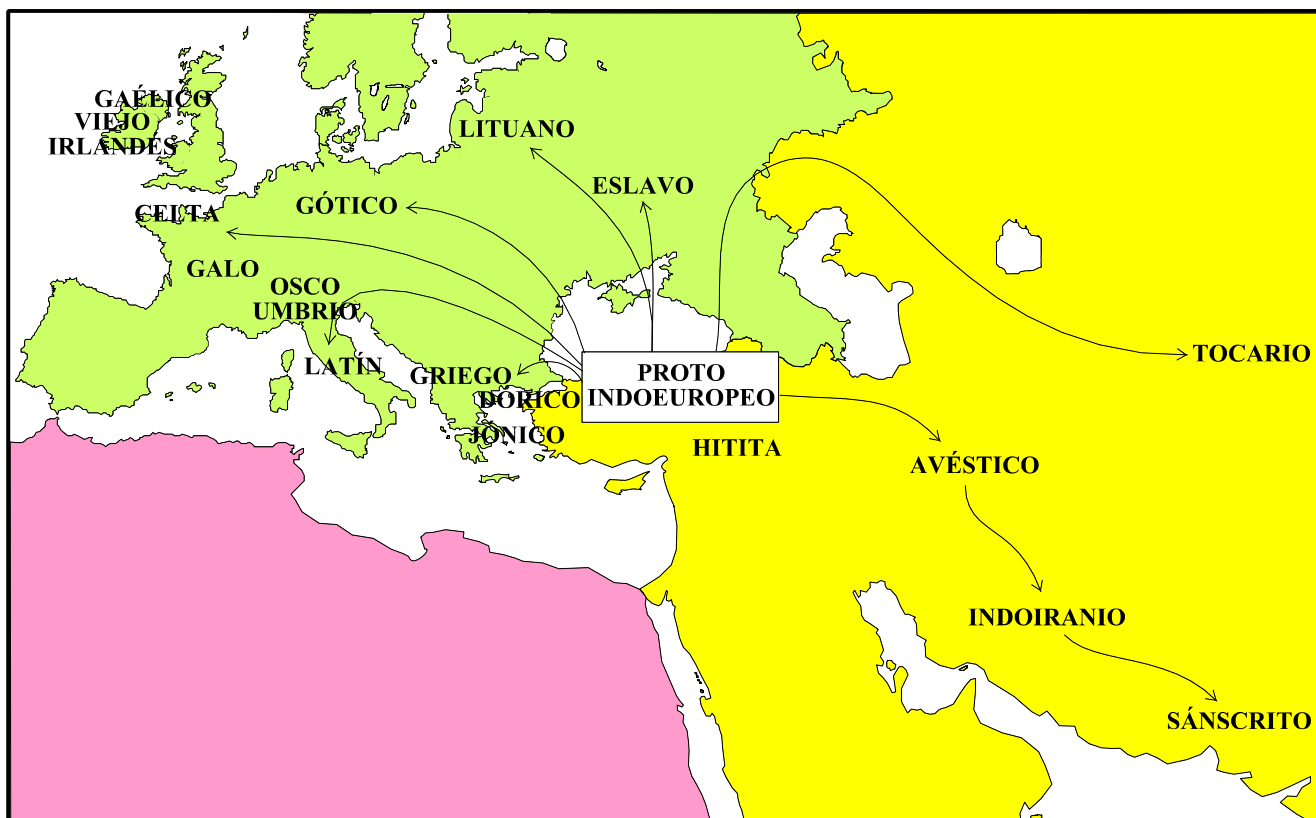
El camino seguido en la propagación de la cultura del cobre hacia otras civilizaciones tales como la del valle del Indo, y pre-Harappa (Foco 1 a Foco 2), pudo ser el golfo Pérsico a través del pueblo elamita. Así en unas excavaciones efectuadas en Tepe Yahya y entre los hallazgos arqueológicos datados del 3660 a.C. con una precisión de +/- 140 años, fueron encontrados cinceles, leznas, alfileres y espátulas de una mezcla de cobre y arsénico; un cincel analizado por R.F. Tylecott, de la U. de Newcastle, contenía el 3,7% de arsénico. La forma final de todos estos objetos no se había dado por moldeado sino por forja en frío y caliente.

¿Qué puede inducirnos a creer que esta zona haya servido de puente entre las dos culturas? Sencillamente las transcripciones de los sellos característicos de la civilización Harappita del valle del Indo, las cuales revelan que los instrumentos de cobre servían como adorno y también elementos de transición comercial por parte de las caravanas, debido a su fácil transporte. Igualmente en la interpretación de tablillas sumerias, se puede leer: "*De la tierra de Magán procede el fuerte cobre, la poderosa dorita, la piedra U y la piedra shumash*". Parece que Magán se encontraba al sudeste de Irán en el camino seguido hacia la civilización del valle del Indo.

El paso del Foco 1 al 3, ya directamente, ya a través del 2, es mucho más complejo. O bien la cultura balcánica surgió por propagación a través de los pueblos del Cáucaso y Mitani, o se propagó a través del pueblo Hitita, a través del Ponto Euxino (mar Negro), pasando el estrecho del Bósforo y Dardanelos actuales, hacia la Tracia. Lo que si está claro es que no se produjo a través de las culturas mediterráneas, dado que Troya, Micenas y Creta son posteriores en más de mil años a la cultura vin.², y que ya existía una floreciente industria de cobre en Europa, antes del auge griego.

En los tres focos mencionados el uso primordial de ese cobre fue el adorno, sustituyendo al oro al que se parecía extraordinariamente, de tal forma que lo normal era que los confundieran en su aspecto externo. Veamos los mapas de divulgación y propagación del protoindoeuropeo².

² Aunque los métodos de datación con C-14, han tenido que ser modificados recientemente debido a las alteraciones del campo magnético terrestre que hizo variar el flujo de aquél a lo largo de los siglos, todos los científicos parecen estar de acuerdo en que la tecnología metalúrgica se inició en la Alta Mesopotamia, próxima al foco 1, al que se hizo referencia, cuna a su vez de la primera revolución agrícola.



Propagación del Protoindoeuropeo e indoeuropeo

Sin embargo hay un pequeño o gran problema, la datación para la época de expansión del indoeuropeo, hace referencia al segundo y tercer milenio antes de Cristo, mientras que las dataciones de restos arqueológicos de los focos se realizan entre el sexto y el tercer milenio. Existen en algunos casos dos mil años de diferencia, que revelarían que la propagación de la lengua por transmisión oral, se realizó mucho más lentamente que el propio intercambio comercial y difusión de la cultura, o simplemente que lo hizo a través de un protoindoeuropeo, mucho más remoto, lo que al parecer apoyan las últimas teorías de Merrit Ruhlen, Colin Renfrew y Cavalli-Sforza.

Al parecer existen pruebas arqueológicas, biológicas y geológicas, que podrían indicar que dicha expansión se produce después del período frío en la zona de Anatolia, que duró entre el 6200 a.C. hasta el 5800 a.C. que motivó la primera emigración hacia el actual mar Negro, mil metros por debajo de los primeros asentamientos anatólicos³, y con temperaturas más benignas. En aquella época el mar Negro, era de agua dulce y formaba un lago interior mucho más pequeño, lo que propició la formación de colonias. La gran emigración se produce en 5600 a.C. cuando el Mediterráneo se precipita sobre el mar Negro inundando todas las colonias, hecho que algunos investigadores hacen coincidir con el diluvio bíblico narrado con anterioridad en las tradiciones de otras culturas. Esta emigración hacia el centro de Europa, podría haber originado no solo la cultura Vin. a., sino que produciéndose en sentido contrario hacia el centro de Asia, haber creado un polo indoeuropeo aislado que originaría, en la cuenca del Tarim⁴, donde existió un lago de parecidas características al mar Negro, en China occidental, la rama tochario muy parecida al celta, en el extremo opuesto.

³ Los primeros asentamientos conocidos arqueológicamente son los de Hacilar y Çatal Hüyük en el sur de Anatolia, descubierto por James Mellaart en 1958, y los de Jericó, en lo que se llamó "el creciente fértil". El asentamiento de Cayonu Tepesi se encontraba mucho más cerca del Cáucaso, en la alta Mesopotamia.

⁴ En 1985, en dicha cuenca se exhumó un cadáver con rasgos europeos caucásicos.

Los antiguos nombres del cobre.

Observamos que el uso del cobre, a diferencia de la plata de significado eminentemente comercial (moneda de cambio) va a ser como instrumento de adorno (tal como el oro), y marcará la divulgación común de su nombre. En principio, no había diferencia entre el cobre y el bronce, y el nombre dado hacía referencia a ambos. En antiguo iranio se le llamó **AYO** o **AYANH**, tal como en avéstico. En sánscrito **AYAS**, en gótico **AIZ**, en alto alemán **ER** y en islandés antiguo **EIR**. El nombre latino **AES-AERIS**, no deriva del griego **KALKOS** (**JALKOS**), sino del indoeuropeo. Realmente en la antigüedad, el **AYAS**, representaba al metal por excelencia, que hereda el cobre/bronce del oro, al sustituirlo en multitud de adornos y utensilios, por eso en los antiguos textos hindúes se hace referencia a dicho metal como **LOHIT AYAS** (metal rojo). En sánscrito, rojo en principio, era **ROJITA**, y después sería **LOHITA**. La misma idea subyace en los ideogramas chinos y japoneses, transcritos como **T'UNG** o **T'UN**, y **TÓNG**. Actualmente en japonés se le conoce como **AKA KANE** (**KANE/ GANE**, metal), con el mismo significado de metal rojo. Es muy curioso que en los ideogramas chinos y japoneses, el bronce **QUING TÓNG**, se represente como un metal verde (simbolismo vegetal, con tallos creciendo), aunque teniendo en cuenta que colores diferentes (verde, azul y marrón) presentan el mismo simbolismo, pudiera ser que consideraran al bronce como un cobre algo azulado. El nombre característico aplicado al bronce, el rumano **ARAMA**, el viejo francés **ARAIN**, el bretón **AREIN** y el francés actual **AIRAIN**, proceden todos ellos del sánscrito **AYAS**, amarillo rojizo a través de **AERAMA**, del nombre latino. Por eso en italiano es **RAME**. El mismo origen tiene el griego **OREIJALKOS** (ορειχαλκος), como se verá al estudiar los latones.

La idea del metal en bruto, o sea del mineral metálico, también aparece en ciertas denominaciones del cobre, verdaderas modificaciones de la raíz original. Así también lo hace en las viejas lenguas germánicas como **ARUZ**, **ARZE**, **ERZE**, **ERIZZE** y **ERZ** que darán el or inglés. En las lenguas semíticas surge la voz **ERU**, refiriéndose al cobre que se empleaba para colorear vidrios. En árabe es **NUHAS**, del cual derivarán muchas de las acepciones en lenguas africanas (**NĀHAS** en etíope). El **NUHA** árabe parece emparentado con las voces semitas con raíces *ner y *nsk, que envuelven una serie de características inherentes al metal tales como el brillo y la luz que reflejan cuando están bien pulidos⁵. En la Biblia y en los libros de los alquimistas hebreos aparece con bastante nombres según su uso así es **N'HOSHET**, y **SAROCH** cuando se mezcla con la plata, también como **SHABI** y **SHIBH**, como **ZINGAR**, cuando toma color verde, como **RUMA** y **RUGA**. Curiosamente en la Alquimia de Abufalah's, en los procesos que describe sobre el tratamiento del oro y del cobre, menciona al "cobre quemado" como **HARIDA**, el cual parece retomar la raíz indoeuropea.

Los nombres del cobre en la actualidad

Curiosamente las acepciones del cobre en las diversas lenguas europeas modernas no derivan directamente ni del latín ni del indoeuropeo. El nombre latino moderno **CUPRUM-I**, del cual proceden el español **COBRE**, el vascuence **KOBRE**, el portugués **COVRE**, el francés **CUIVRE**, el rumano **CUPRA**, el inglés **COPPER**, el galés **COPR** y **COPOR**, el alemán **KUPFER**, el viejo noruego **KOPARR**, el sueco **KOPPAR**, el danés **KOBBER**, el holandés **KOPER** tiene también un origen geográfico. Los griegos llamaban a la isla de Chipre, de donde extraían el mineral de cobre, Kupros, y de él, deriva el nombre que aparece en Plinio para Chipre, Cyprus. Los latinos, al metal extraído del Chipre, lo llamaron **AES CIPRUM**, o sea metal de Chipre. De **CIPRUM**, **CUPRUM**, y de ahí el cobre español. Sin embargo, hacia los países nórdicos modificó su evolución, por ejemplo en antiguo británico era **COBYR**, en alto alemán **KUPFAR** y en anglosajón, **CIPERSEALF**.

O sea que, el perder el nombre del metal, tal como le ocurrió a la plata, pasó a ser el país de procedencia el que aporta la denominación. Este hecho va a producirse repetidas veces.

⁵ Algo brillante, es en hebreo n'r, en acadio nāu, en sirio, naciir y en árabe n-ra.

La metalurgia antigua del cobre y su relación con los nombres del metal

¿Tenía alguna relación la raíz original indoeuropea con alguna característica o cualidad del cobre? No existe ninguna teoría comprobada. Una pista muy remota podría ser la palabra **APHAR**, que en la antigua Mesopotamia se empleaba para designar la tierra rosada o rojiza, color que sí podría relacionarse con el cobre. Hay opiniones que hacen derivar la acepción latina del griego **AIRO** (**αιρο**): sacar o extraer de las minas.

La interrelación entre metales parecidos da lugar a multitud de confusiones. No sólo es el **ORO-COBRE**, a través de la idea del metal, sino también la del **MINERAL-COBRE-BRONCE-ESTAÑO**, o sus combinaciones. Así el irlandés **UMAE**, y el norirlandés **CREDUMAE**, significarían estaño rojo. El estaño era el mineral por excelencia conocido en Irlanda y Gales. En viejo galés aparece como **EMID**, en galés **EFFID** y **EF**. Todos estos conceptos están relacionados con la idea del mineral en bruto, más que del metal. El checoslovaco **MCE^a**, el serbocroata **MJED**, el bohemio **MCE**, el polaco **MIEDZ** y el ruso **MED'**, derivan de esta forma. El lituano **VARIS**, y **ZALVARIS**, hacen referencia a la forma oxidada y carbonatada del cobre (de color verde), o mejor al sulfato básico de cobre, debido a la contaminación ambiental, dado que zalias es verde en lituano.

En la antigüedad existieron también otros nombres para el cobre, así los egipcios lo llamaron **CHOMT** posiblemente también de procedencia geográfica, nombres que ni influyeron ni prevalecieron.

Por lo tanto, tenemos como posible origen de la denominación del elemento cobre, tal como se conoce actualmente en la mayoría de los idiomas occidentales, el de procedencia geográfica, a través del nombre genérico latino **AES CIPRUM** cuyo sustantivo haría referencia a unas características similares a las del oro, al que sustituyó en objetos de adorno y como signo suntuario devaluado, por transformación de las raíces **AUSIS**, **AUS** hasta **AES**. Sin embargo como el origen de éstas era la comparación con la aurora y salida del sol a través de la coloración característica, es esta propiedad externa común la que va a hacerlos similares.

El oro y el cobre nativo eran muy escasos, y el hombre los necesitaba. El oro aparecía libre en la naturaleza pero hacía falta extraer el cobre del propio mineral o roca⁶. Hemos visto que las primeras operaciones metalúrgicas emplearon la gravimetría y la expansión de los gases, métodos todos ellos físicos.

¿Cómo se las idearon los primeros metalúrgicos para introducir los métodos químicos de reducción⁷ en la obtención del cobre nativo? La primera operación era quemar el mineral al aire libre, esto es "tostarlo". De ahí que el primer mineral de cobre más conocido fuera llamado calcopirita (del griego chalkos, cobre y pyr, fuego). La fusión del residuo, se realizaba en un agujero en la montaña orientado en el sentido de los vientos dominantes de la región. Este agujero se llenaba de carbón y del mineral, tapándose con piedras planas. Más tarde se emplearon hornos de piedra en los que se disponían capas alternantes de carbón y mineral que previamente se había mezclado con óxido de hierro rojo (hematites)⁸, porque así fundía más fácilmente. Una vez cargado y prendido el horno, el calor producía

⁶ El potencial normal de reducción del oro del estado combinado al nativo es de 1,42V, mientras que para la plata y el cobre, son respectivamente 0,80V y 0,52V, esto hace que aquél no se combine con los elementos más abundantes, oxígeno o azufre, y por lo tanto permanezca en estado nativo, situación que no se dará fácilmente en el caso del cobre.

⁷ El término reducción se debe al árabe Geber (médico del califa Harun-al-Rashid, protagonista de la novela "Las mil y una noches", en el siglo IX d. C.), debido a que las sustancias reducían su peso al ser tratadas así. En algunos textos se le atribuye a Paracelso, sin embargo Geber le precedió en seis siglos.

⁸ Es curioso que la primera aplicación que se le dio a este mineral fue la pictórica, y la segunda como fundente. En principio no se empleó para obtener hierro.

la combinación de la ganga⁹, en su mayor parte sílice, con el óxido férrico, formándose silicato férrico. El calor se aumentaba por una corriente de aire natural que se impulsaba por unas conducciones de arcilla hacia las diferentes partes del horno. El carbón se transformaba en óxido de carbono que por su menor densidad ascendía por el horno reduciendo el óxido de cobre.

El fenómeno descrito no es ni más ni menos que un alto horno funcionando en la antigüedad. En ellos se habían alcanzado los 1000 y 1100°C, capaces de fundir el cobre y el oro y esta temperatura era la máxima alcanzada entre el quinto y cuarto milenio antes de Cristo.

¿Qué ocurría si no se fundía el cobre por defecto de funcionamiento (por lo general una combustión incorrecta)? Sencillamente, se dejaba enfriar, se cargaba de nuevo y se experimentaba con aumento de ventilación¹⁰.

Dado que las primeras operaciones metalúrgicas de importancia, comenzaron con el cobre y sus aleaciones, no es de extrañar que algunos nombres aplicados al metal, deriven precisamente de ellas, diferenciándose claramente de las demás acepciones. En polaco se le llama **SPIZ**, y en alto germánico **SPISE**, fundamentalmente aplicado al metal preparado para ser fundido.

La mayoría de los minerales de cobre contenían arsénico en mayor o menor porcentaje, lo cual era una ventaja, pues la aleación de cobre y arsénico era mucho más dura que el cobre natural, aunque tuviera el inconveniente de que en la metalurgia se desprendieran vapores arsenicales muy venenosos.

El proceso era peligroso y se cobraba vidas humanas, generalmente esclavos, lo cual dado el poco valor de éstas, no era obstáculo para obtener lo que se llamaría posteriormente "bronce al arsénico" que sería el primer bronce y la primera aleación. Estas aleaciones son naturales, muy diferentes de las artificiales que realiza el hombre para mejorar las cualidades del metal, como la del cobre/estaño, de las que hablaremos más tarde o las que emplea para abaratarlo y especular con él, como el caso de la de oro/plata, llamada por los griegos **HO ELEKTROS**, con 3 o 4 partes de oro por una de plata, aleación empleada por los joyeros para rebajar la ley del oro.

El origen químico del nombre del cobre

Hemos visto que el cobre toma su nombre del oro al sustituirlo como metal por excelencia en función de su parecido y su mayor abundancia. Sin embargo debido a su mayor poder combinativo, hubo de buscarse un tratamiento para separarlo, naciendo así la metalurgia extractiva. ¿Por qué el cobre tiene un color parecido al oro, aunque es más duro y abundante?

El cobre tiene la misma red que el oro y la plata, cúbica centrada en las caras, su estructura electrónica externa es $3d^{10}4s^1$, pero la distancia interatómica es de 2,55Å, lo que implica una menor densidad, 8,96g/cc por la menor masa de cada ión cobre. Sin embargo su dureza es mayor, por el mayor empaquetamiento, y por lo tanto su punto de fusión es superior al del oro y la plata. Esa mayor interacción, va a proporcionar igualmente una menor separación entre los niveles 3d y 4s, por lo que por motivos bien distintos al oro, el cobre presenta su mismo color, que provocará su nombre.

⁹ La ganga es lo inútil del mineral, sin embargo originalmente procede del indoeuropeo a través del gótico, significando todo lo contrario, esto es, la propia veta longitudinal del mineral.

¹⁰ Este hecho produciría el invento del fuelle.

Hemos mencionado que el mayor interés del cobre frente al oro, fue por su dureza, sobre todo en la obtención de los bronce arsenicales, siendo el metal más usado durante dos mil años. ¿Por qué el arsénico le confería dureza al cobre? Ya se ha argumentado que los cristales metálicos cambian de forma por resbalamiento a lo largo de los planos de deslizamiento que le confiere la propia red metálica, sin embargo el movimiento del conjunto de átomos o iones de un mismo plano no es simultáneo sino sucesivo. Cuando por efecto de una tracción o fuerza, un átomo o ión se desplaza, se produce una dislocación en la red, y un átomo o ión contiguo pasa a ocupar el lugar del que se movió, y así sucesivamente, de forma que se originará un movimiento de la dislocación en sentido contrario al del átomo o ión. Si la dislocación se ha transmitido a lo largo de todo el plano o capa, la fila de átomos o iones se habrá desplazado así como la parte inferior del cristal, hasta un diámetro atómico, en la dirección de la tracción.

¿Qué ocurre si los tamaños de los átomos son diferentes? Sencillamente que se genera una barrera que impide la dislocación, disminuyendo la plasticidad del cristal metálico y aumentando su dureza. El diámetro del cobre es de 2,55Å mientras que el del arsénico 2,51Å, o sea una diferencia muy pequeña que no le impide un cambio de red, pero sí lo suficiente para modificar los planos de deslizamiento. Por eso los bronce de arsénico eran más duros que el propio cobre, y por lo tanto ya se pudieron emplear para elaborar las primeras armas, y sobre todo las primeras herramientas metálicas necesarias para el laboreo de las minas.

Hay que tener en cuenta que en muchas minas, aun observando la existencia de minerales nuevos, el hombre no conseguía deshacer las rocas para extraerlo, tal como ocurrió en la española mina de Chinflón, en Huelva, en la que las piritas no se podían extraer por estar cubiertas por monteras de gossan muy duro de cerca de 30 metros de profundidad. Por eso, gracias a las propiedades de estos bronce, se pudo comenzar la Edad del Hierro en algunas zonas antes que en otras. Si se obtenía un buen y duro bronce, no se buscaba otra cosa, y si no se conseguía, se intentaba ensayar nuevos minerales.

Es curioso que el cobre sea el primer elemento químico simbolizado ya en los pictogramas sumerios y mucho antes en las fichas de arcilla encontradas en Amiet y Susa, en las que aparece como una pieza en forma de sector circular, y más tarde como dos semicircunferencias concéntricas. Estas fichas están datadas sobre el 3000 a.C., y por lo tanto preceden a los símbolos egipcios atribuidos a la cuarta dinastía (2500 a.C.). Después se asociaría al planeta Venus, y se representaría por su espejo, que a su vez lo sería del carácter femenino. Por eso al cobre se le atribuyó un carácter femenino. Debido a esta asociación se le denominó en la alquimia árabe (manuscrito de Berlín), con nombres asociados generalmente a dicho planeta como **NOGAH** o **ZUHARAH**, aunque este último podía seguir las raíces indoeuropeas. También se le simboliza con una cruz griega, con sus brazos formados por pequeñas cruces.

