

## PROBLEMAS DE LA METALURGIA ANTIGUA EN AZERBAIJAN\*

I.R. SELIMKHANOV

### RESUMEN

*Desde hace mucho tiempo, hubo investigadores que consideraron existió una edad prehistórica del cobre, anterior a la de bronce. Y más tarde que, aun dentro de la primera, habría que diferenciar aquellos casos en los que, al elemento citado, se añade el arsénico.*

*El autor da cuenta del desarrollo de este descubrimiento, desde que fue indicado por primera vez (en 1876, durante un congreso de arqueología que tuvo lugar en Budapest) hasta la actualidad, y en distintos países.*

*Su contribución, con la colaboración de sus colegas del Instituto de Historia de Baku, para aclarar este problema, ha sido importante. Con una larga serie de análisis espectrales, de objetos datables dentro de un período que incluye varios milenios, han propuesto la existencia de un período o edad del cobre arsenical, primero Azerbaijan y, después, en la totalidad del Caucaso.*

### ABSTRACT

*For a long time, there have been researchers who believe that a pre-historic copper age existed before the bronze age. And, later, that within said copper age, those cases in which arsenic was added to the element in question should be distinguished.*

*The author reports on the development of his discovery, from when it was first suggested (in 1876, during an archeology congress in Budapest) to the present, and in different countries.*

*The author, with the collaboration of this colleagues in the Baku Institute of History, has made a significant contribution towards clarifying this matter. With a long series of spectral analyses, of objects which can be dated within a period covering several milleniums, they have suggest the existence of a copper-arsenic age, first in Azerbaijan, and afterwards throughout the Caucasus.*

---

\* Versión castellana de José Luis Cebollada y Laura Orús.

Palabras Clave: Metalurgia antigua, Azerbaijan, Edad de cobre, Edad de bronce, Cobre arsenical.

## 1. Introducción.

En todo el mundo los arqueólogos están descubriendo continuamente utensilios antiguos de metal. En el territorio de Azerbaijan se ha encontrado gran número de objetos antiguos de cobre, bronce y otros metales que han pasado a formar parte del patrimonio de la República.

En 1952 se suscitaron algunos interrogantes referentes a la composición química de los metales antiguos cobre y bronce. Uno de ellos tiene que ver con la necesidad de aclarar algunos puntos de la historia de la metalurgia antigua, especialmente el problema del origen del estaño en la composición del bronce antiguo de Azerbaijan, territorio en el que no existen depósitos de minerales de estaño. Simultáneamente hubo que resolver otros problemas relacionados con la historia de los metales y el desarrollo de la metalurgia en Azerbaijan. En la sección de Tecnología Arqueológica del Instituto de Historia de la Academia de Ciencias de la República Socialista Soviética de Azerbaijan se decidió emplear para las investigaciones el método de análisis espectral cuantitativo, usando solamente las cantidades necesarias, generalmente no superiores a 10 mgr.

De todos es sabido que el análisis espectral es objetivo y los resultados quedan reflejados en una placa fotográfica mediante líneas de distintas intensidades y anchuras y pueden ser contrastados siempre que sea necesario. Tales ventajas del análisis espectral como método de examen de la composición química de los metales antiguos hacen esta técnica indispensable.

## 2. Nota sobre el análisis espectroquímico de pequeños utensilios altamente oxidados<sup>1</sup>

Hay que tener cuidado y prudencia en la interpretación de los datos obtenidos de los pequeños utensilios de metal altamente oxidados -que proceden de poblados o cementerios antiguos- debido al cambio de estado de oxidación producido por el ambiente que les rodea. Tal circunstancia podría dificultar la detección de arsénico o antimonio, aunque originalmente estuviesen presentes esos metales. Para tener en cuenta esas posibilidades es esencial que las condiciones bajo las que se encontró cada utensilio se registren debidamente, incluyendo peso, lugar del descubrimiento (por ejemplo,

poblado, cementerio), estado del utensilio de metal (oxidación ligera, parcial o completa), muestra del metal analizado; óxido o pátina verde.

Para ilustrar más este punto citamos el análisis de utensilios de cobre que datan de comienzos del cuarto milenio A.C. y descubierto en la colina de Kultepe situado en la República Socialista Soviética de Nakhichevan. Observamos que la pátina verde de estos utensilios contiene impurezas en menor porcentaje que en los óxidos:

Flecha, 14 gr.	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Bi	Ni	Co
Pátina	0	0.03	0.2	0	0.002	0.003	0.002	0
Oxido	0.003	0.15	1.4	0	0.1	0.02	0.005	0
Lezna, 28 gr.								
Pátina	0.002	0.002	0.70	0.05	0.002	0.003	0.06	0.002
Oxido	0.002	0	1.15	0.2	0.018	0.02	1.6	0.02

Observamos que la pátina de la punta de la flecha y de la lezna contenían 0'2% y 0'70% respectivamente de arsénico, mientras que los óxidos de los objetos 1'4% y 1'15%.

Es importante señalar que dos abalorios de pesos comprendidos entre 0'5 y 1'2 gr. no contenían impurezas, excepto plata y hierro, que, presumiblemente, fueron lavados por las aguas subterráneas y sería incierta la conclusión de que los abalorios se hicieron con cobre nativo.

Por esta consideración es válido preguntar si los abalorios y medallones de cobre descubiertos en el poblado neolítico de Catacl Huyuk en Anatolia son realmente de cobre puro.

### 3. Sobre el problema de la existencia de la edad de cobre

Es sabido que el metal ha llegado a ser un medio para distinguir las épocas en la Prehistoria. El desarrollo del hombre se ha dividido en las edades de Piedra, Bronce y Hierro. Se pensó que Christian Yurgensen Tompsen, había ideado este *sistema de los tres períodos* en 1836<sup>2</sup>. Aunque de hecho ya los pensadores de la antigüedad habían hablado de las diferentes edades en la historia. En el siglo VII A.C., el poeta griego Hesíodo<sup>3</sup> escribió sobre cinco edades: dorada, de plata, de bronce, *heroica* y de hierro. El poeta latino Lucrecio<sup>4</sup> en su poema *De Rerum Natura*, escrito poco antes de la era Cristiana y Juang Khang<sup>5</sup> casi al mismo tiempo (de la dinastía Han) habían dividido ya la historia en tres etapas: Piedra (o Hueso) Bronce (o Cobre) y Hierro.

No importa cómo se dividió la historia antigua del hombre, ningún sistema hace distinciones entre la Edad de Bronce y la de Cobre debido a la tendencia de los escritores antiguos a llamar cobre y bronce al mismo metal, como en la palabra griega Xalkos.

En conexión con el problema de la edad de cobre, hay que disentir de la opinión de algunos autores a la luz de las investigaciones histórico-analíticas llevadas a cabo en la sección de tecnología arqueológica del Instituto de Historia de Baku.

La teoría de la existencia de una edad de cobre en Europa fue planteada en el Congreso Internacional de Arqueología de Budapest en 1876. Los debates asumían la afirmación de que los análisis químicos de unos pocos objetos encontrados en Hungría revelaban que estaban hechos de cobre puro, esto es, sin adición de estaño. Fue entonces cuando se estableció la teoría de la existencia de una edad de cobre en Hungría.

V. Putzky<sup>6</sup> publicó en 1884 una monografía especial sobre la edad de cobre en Hungría.

En 1885 G. Sittle<sup>7</sup> apoyó enérgicamente la idea de la existencia de la edad de cobre anterior a la edad de bronce no sólo en las regiones europeas, sino también en una extensa región del Viejo Mundo. Afirmaba que esta hipótesis quedaba probada mediante los resultados de los análisis químicos supuestamente precisos que mostraban que la humanidad había usado las herramientas de cobre puro antes de la aparición del bronce de estaño. Así, Sittle usó el concepto *edad de cobre* para designar cierto período en la historia de la humanidad en el que se conocía solamente el cobre, mientras que los otros metales fueron usados más tarde.

Pero, ¿cuándo fue presentada por primera vez la idea de la edad de cobre universal, como período de la historia de muchas regiones? Parece que data del año 1893 cuando M. Much publicó su trabajo *La edad de cobre en Europa*<sup>8</sup>, en el que planteó la existencia de una edad de cobre no sólo en Europa sino también en Asia. Por Europa entendía Austria, Hungría, Rumanía, Yugoslavia, Suiza, Alemania, Dinamarca, Italia, las Islas Británicas, Francia y otros países. También presentó los resultados de los análisis químicos de los objetos de cobre más antiguos en los que estaban ausentes adiciones de otros metales, incluido el estaño. El contenido de pequeñas impurezas no se consideraba significativo aunque los metales adicionales allí contenidos representaban en algunos casos unas pocas décimas del 0'1%. Pero el número de análisis de utensilios antiguos de cobre mencionado por Much era muy limitado y no se puede estar seguro de su precisión.

La opinión de Marcelin Berthelot<sup>9</sup> sobre la edad de cobre es interesante para la presente discusión. De acuerdo con Berthelot, la existencia de este período en la historia de la humanidad fue aceptada por los arqueólogos y el uso de herramientas hechas de cobre puro, esto es, sin estaño, es la prueba de su existencia. Berthelot estaba seguro de la existencia de este período en Egipto y Mesopotamia. Su opinión estaba basada en la ausencia de recursos de estaño, de depósitos de mineral de estaño en estas regiones. Significa que el estaño necesario para la producción de bronce de estaño debía traerse de países lejanos. En su opinión, esto sólo podría haber tenido lugar más tarde, cuando se hubo desarrollado el transporte comercial desde países lejanos. Así, los fundidores antiguos en Egipto y Mesopotamia no fabricaban utensilios de estaño-bronce, sino que usaban cobre sin alear. Por esta razón Berthelot quiso determinar en primer lugar, el tiempo en el cual el estaño todavía estaba ausente en estas regiones. Para probar esto, Berthelot analizó el sello cilíndrico del rey Pepi I (2600-2493 A.C.), actualmente en el British Museum. El análisis reveló que el sello estaba compuesto de cobre con más que dudosas trazas de plomo. Los hallazgos de piezas más antiguas que supuestamente no contienen estaño en el cobre (y que apuntarían hacia la existencia de la edad de cobre) fueron sometidas a análisis químicos.

Sin embargo, cuando la teoría de la existencia de la edad de cobre en el Viejo Mundo había llegado a establecerse firmemente, se suscitaron algunas dudas sobre su carácter universal. Las dudas acerca de la veracidad de este aserto estaban basadas, por una parte, en razones puramente teóricas y, por otra apoyadas por la evidencia empírica, obtenida por el análisis de los objetos de cobre.

En 1913 G. Obermeier<sup>10</sup> puso en duda la existencia de la edad de cobre en Europa. Alegó que las herramientas de piedra y bronce se usaban al mismo tiempo que las de cobre primitivo en gran parte de Europa en los períodos más antiguos. Más aún, sugería que el hombre usó por primera vez el metal al final del Neolítico. Se dijo que el cobre fue realmente el primer metal descubierto por la humanidad, pero el período de su uso está estrechamente conectado con la edad de piedra (neolítico), por lo que es imposible considerar la edad de cobre como un período independiente en la historia de la humanidad.

Entre 1912 y 1922 un prestigioso historiador y geoquímico V.I. Vernadski<sup>11</sup> también puso en duda el carácter universal de la teoría de la edad de cobre. En su opinión esta teoría se debe al frecuente estañado de las herramientas de cobre. Pero la conclusión de que existió una edad de cobre antes de la de bronce no se corresponde con los datos objetivos.

En 1931 J. Sebelien<sup>12</sup> expresó la creencia de que la edad de cobre pudo no existir en Inglaterra porque una aleación de cobre y estaño podía haberse obtenido a partir de mineral de cobre fundido. Sebelien piensa que los minerales locales contenían mucho estaño. Así, según Sebelien, en Inglaterra a las herramientas de piedra les seguirían inmediatamente las de bronce. Pero como H.H. Coghlan y H. Case<sup>13</sup> señalaron, no todos los minerales de cobre en las Islas Británicas contenían estaño y este metal no se detectó en la composición de los utensilios más antiguos, salvo en un pequeño porcentaje.

En 1935 J.R. Partington<sup>14</sup> también puso en duda la existencia de la edad de cobre en las Islas Británicas porque los utensilios que se creían de cobre puro contenían más de un 10% de estaño, esto es, dio las mismas razones que Sebelien, que son muy dudosas.

En general se puede suponer que en su mayor parte, las consideraciones desfavorables a la existencia de la edad de cobre en algunos países del Viejo Mundo han estado fundamentadas en los resultados de un número limitado de análisis químicos de los utensilios antiguos de metal. La validez de algunos de ellos, obviamente, suscita dudas.

El uso de los análisis químicos se extendió en la arqueología y ayudó a mostrar que los hallazgos más antiguos de cobre, realmente no contenían estaño, pero algunos de ellos contenían otras impurezas metálicas. Así, estos hallazgos no pueden ser calificados como cobre puro. Como han mostrado posteriores investigaciones, el alto grado de arsénico contenido en el cobre es una base más sólida para dudar de la existencia de la edad de cobre que para creer en una etapa independiente de la historia de la humanidad.

A modo de ejemplo, la composición del sello de Pepi I según M. Berthelot, es de cobre puro. Pedimos al Dr. P. Craddock que realizase los análisis, y amablemente nos informó que el sello era de cobre arsenical. El sello ha sido analizado con XRF con los siguientes resultados semicuantitativos (en tantos por ciento):

Cu	As	Pb	Sb	Estaño
96	3	1-2	1	no detectado (límite 0'2%)

El sello es de aleación de cobre-arsénico-plomo, no de cobre puro.

### 3.1 Edad o periodo de cobre arsenical en Azerbaijan

El método analítico descrito fue usado por primera vez en 1953 para investigar los utensilios de metal, restos de piezas de fundición, moldes y escorias en Azerbaijan, en Kultepe -poblado cercano a la ciudad de Nakhichevan- dos kurgans en la ciudad de Stepanakert y un kurgan en la margen derecha del Khachinchay, ambas en la región autónoma de Nagorno-Karabakh. Todos fueron aceptados por los arqueólogos como pertenecientes a la edad de cobre. Datan desde principios hasta finales del tercer milenio A.C. Examinando los objetos, ocho de Kultepe y dos de Stepanakert, se observó que todos los utensilios de metal estaban compuestos de aleaciones de cobre y arsénico (1'66%-6'12% de arsénico) junto con la ausencia de estaño en utensilios pequeños completamente oxidados.

Por otra parte, un utensilio de cobre en forma de hoja, procedente de Khachinchay estaba compuesto por: 1'82% de estaño, 1'22% de plomo, 2'26% de arsénico y 1'38 de antimonio. Por consiguiente este objeto fue reclasificado y asignado a la edad de bronce y no a la de cobre.

Este examen estableció por tanto:

- 1) que no hay evidencia de que existiese en Azerbaijan una edad de cobre puro en el tercer milenio A.C.
- 2) que los metales más antiguos descubiertos son de cobre arsenical, y
- 3) que en el tercer milenio A.C. en el territorio de Azerbaijan existió una edad o período de cobre arsenical.

En esto consistía la primera etapa de nuestra investigación.

Segunda etapa. En recientes excavaciones arqueológicas realizadas en Azerbaijan, se han descubierto utensilios de mediados del quinto milenio A.C., así como otros que datan del tercer milenio A.C. El utensilio más antiguo, una lezna que pesa 1'2% gr. en un lugar de Chalagantepe en la región de Agdam, una lezna que data de mediados del quinto milenio A.C. hallada por I.G. Narimanov y M.S. Azimov<sup>15</sup>. La lezna estaba fuertemente oxidada y conservaba una delgada lámina central de estaño. El análisis espectral mostró que la lezna está compuesta de cobre con pequeñas impurezas de arsénico, plomo, estaño, níquel y plata. Probablemente el contenido de arsénico en el metal primitivo era más alto.

### 3.2 Los metales del cuarto milenio A.C.

Proceden de los estratos bajos de la colina de Kultepe, excavada por O. A. Abibullayev<sup>16</sup>. Tres utensilios contenían considerables impurezas de arsénico,

por ejemplo 1'4% de arsénico, 0'15% de plomo y una pequeña cantidad de otros metales en la composición de una punta de flecha. Se determinó que un fragmento de un objeto sin identificar contenía 0'41% de arsénico, las otras impurezas metálicas variaban entre diez y cien partes por millón. El tercer objeto, una especie de punzón, se encontró en un estrato dos metros superior. El metal fue clasificado como aleación *cobre-arsénico-níquel*. La composición química de este utensilio es de 1'15% de arsénico, 1'6% de níquel, 0'2% de antimonio y otros metales (estaño, plata, bismuto, cobalto, hierro) en decenas de partes por millón.

Los datos adicionales obtenidos mediante análisis espectral cuantitativo son una buena razón para creer que no existió *la edad de cobre puro* en el territorio de la República Socialista Soviética de Azerbaiján. Por ello es más adecuado considerar la edad o período arsénico como la etapa tecnológica más antigua de esta región.

Posteriormente y dentro de nuestro objetivo de determinar las fronteras geográficas de la edad de cobre arsenical, fueron sometidas a análisis espectral (en la sección de Tecnología Arqueológica de Baku) los objetos de metal más antiguos de Armenia, que datan de la misma época que los utensilios de Kultepe. Son los objetos de metal del poblado de Tekhute que datan de principios del cuarto milenio A.C., encontrados por el arqueólogo R.M. Torosyan<sup>17</sup>. Se encontraron dos fragmentos de lezna y un cuchillo pequeño. De acuerdo con el análisis espectral- el cuchillo pesa 5'5 gr. y el fragmento de lezna pesa 0'8 gr. Ambos están compuestos de cobre arsenical con 5'4% y 3'6% de arsénico respectivamente. Las otras impurezas eran insignificantes.

### 3.3 *Los utensilios de metal del tercer milenio A.C.*

Además del poblado de la colina Kiultepe y Kurgans, en la ciudad de Stepanakert, las excavaciones en varios lugares de Azerbaiján en las regiones de Fizuli, Astare, Kazakh, Astrakhanbazar, Kedabek, Dashkesan y otras, han salido a la luz más utensilios de metal. En un lugar situado en la región de Astara se descubrieron fragmentos de restos y moldes de fundición.

El análisis espectral llevado a cabo en la sección de Tecnología Arqueológica en Baku ha mostrado que los objetos de metal datados al comienzo y al final del 3er milenio A.C., encontrados en la región de Armenia, Georgia, Daguestan, Stavropol, la cuenca del río Kuba y la Ucrania, están fabricados en la mayoría de los casos de cobre arsenical. Entre ellos se han encontrado objetos de cobre-arsénico-plomo y cobre-arsénico-níquel.

De ello se deduce que las fronteras de la edad o período del cobre-arsenical están más allá del límite de Azerbaijan e incluyen también una gran zona del Cáucaso Septentrional e Irán. De acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo por Tylecot y McKerrel<sup>18</sup> en Irán, el uso de los objetos de cobre-arsenical se remonta al cuarto milenio A.C. Así, la edad o período del cobre-arsenical se remontaba al cuarto milenio y existió hasta el tercer milenio A.C.

No es fácil responder a la pregunta de cómo los antiguos fundidores añadían arsénico al cobre. Es muy dudoso que el extremadamente raro arsénico elemental fuera descubierto en el siglo XII D.C. En 1958 afirmábamos que el cobre-arsenical en la antigüedad se obtenía probablemente fundiendo minerales cuprosos junto con los arsenicales, rejalgar y oropimente, cuyos grandes depósitos existen también en el Transcaucaso.

Hay que señalar que desde los primeros tiempos se han atribuido propiedades mágicas a los minerales rojos. El rejalgar, mineral rojo brillante, presente generalmente en la naturaleza con el oropimente de color oro, podría haber llamado la atención del fundidor precisamente por esta razón<sup>19</sup>.

Fragmentos de rejalgar descubiertos en un poblado del tercer milenio A.C. en Geoy Tepe Mond, cerca del lago Urmia en el sur de Azerbaijan (Irán) han confirmado el uso de este mineral en el Oriente Medio durante los primeros tiempos<sup>19</sup>.

### *3.4 Primera mitad del 2º milenio A.C.*

En el territorio de Azerbaijan aparecieron objetos de bronce-estaño, pero su número es reducido en comparación con los objetos de cobre-arsenical. Esto podría explicarse por la escasez de estaño que empezó a importarse de los países lejanos y por tanto los antiguos fundidores sustituyeron completa o parcialmente el estaño por el arsénico, plomo y en algunos casos con antimonio. La composición química de aleaciones de cobre llegó a ser más compleja. Empezaron a aparecer aleaciones de varios componentes con aleaciones de cobre-estaño. El análisis del material arqueológico muestra que la población estaba familiarizada con metales como el oro, plata, estaño y antimonio.

### *3.5 Segunda mitad del 2º milenio A.C.*

En esta época el papel del estaño como elemento de aleación crece, pero la importancia del arsénico todavía se mantiene y a menudo está presente como

elemento de la aleación junto con el estaño en las aleaciones de cobre. Así, se estableció que no había grandes divergencias en el carácter de las aleaciones que pertenecían a la segunda mitad del primer milenio. Pero el número de objetos de metal descubiertos es mucho mayor, lo que marca un claro ascenso en el desarrollo de la producción metalúrgica.

### *3.6 Finales del segundo y principio del primer milenio A.C.*

En el territorio de Azerbaijan el estaño llegó a ser el principal elemento en aleaciones de cobre y el número de objetos de cobre-arsenical disminuyó considerablemente. El contenido de estaño en algunos objetos decorativos era del 15%. Ello hace pensar que las relaciones comerciales de Azerbaijan con países vecinos fue más estable y la importación del estaño aumentó. Sin embargo, el estaño era caro y por tanto los antiguos fundidores continuaban sustituyendo estaño por plomo, arsénico, antimonio e incluso zinc. Pero en comparación con el período anterior se encontraron muchos objetos de cobre sin adiciones de otros metales, por ejemplo, hachas de guerra. Este período está caracterizado por el uso de objetos de antimonio y estaño.

Desde el punto de vista histórico, no deja de ser interesante determinar cuándo se prestó atención al contenido de arsénico en los objetos antiguos de cobre y al mismo tiempo proporcionar información sobre cada objeto de esta clase. Aquí, ofrecemos un informe sobre algunos puntos de vista de las fuentes disponibles.

El primer investigador que prestó atención al aumento de arsénico en los objetos antiguos de cobre fue el estudioso alemán Spirigatis<sup>20</sup> en 1876, pero sin sacar conclusiones científicas.

En 1891, Rudolf Virchow<sup>21</sup> fue uno de los primeros investigadores que dieron cuenta del alto contenido de arsénico en el objeto de cobre descubierto en el norte del Cáucaso. En su trabajo menciona 3'41% de arsénico en un alfiler de cobre de Humbolt. De acuerdo con los datos suministrados por A.A. Yessen<sup>22</sup>, este objeto se remonta a finales del segundo o principios del primer milenio A.C. No contiene estaño, pero hay plomo, zinc, hierro, antimonio y un 96'1% de cobre. Todo parece indicar que R. Virchow fue también el primero en afirmar que en el antiguo Cáucaso, como él lo expresa, existió un bronce arsenical poco común, aunque este término puede parecer puramente convencional.

En 1899 Otto Helm<sup>23</sup> publicó un breve informe sobre el uso de las aleaciones de cobre arsenical en el antiguo Egipto. En opinión de Helm se

explicaba por el hecho de que los egipcios conocían sus buenas propiedades físicas, ya que incluso pequeñas adiciones de arsénico al cobre le hacen más duro y de mejor calidad en la pieza fundida.

En 1906, Marcelin Berthelot<sup>24</sup>, habiendo realizado análisis de algunos objetos egipcios antiguos, detectó arsénico. Por ejemplo, en un fragmento de una vasija de cobre encontrada en la tumba de Dashur, que se remonta al siglo IV, de la V dinastía egipcia. Aunque el metal estaba completamente oxidado, el análisis químico determinó 71'9% de cobre y 4'3% de arsénico con impurezas no metálicas en su composición química. Berthelot explica que la presencia del arsénico en el cobre egipcio antiguo resulta del uso del mineral con alto contenido de impurezas arsenicales, es decir, no lo consideraba como el resultado de la adición intencionada.

En 1919 Edmon Lippmann<sup>25</sup> señaló que se habían encontrado hachas de aleaciones de cobre arsenical en Charente y en otros lugares de Francia.

En 1924 A. Götze<sup>26</sup> señaló el escaso porcentaje de arsénico en el bronce antiguo, pero citaba sólo dos casos: un utensilio no especificado en Serbia y el alfiler que ya había sido mencionado por R. Virchow. Götze sugería que la adición del arsénico al cobre era intencionada.

En 1935 el profesor C.H. Desch<sup>27</sup> publicó *An Interim Report* sobre la actividad del comité para Sumera de la British Association for the Advancement of Science. Mencionó los resultados del análisis químico de algunos de los objetos de cobre más antiguos del Cercano Oriente que contenían arsénico. Desch afirmó que el arsénico y el níquel son dos elementos esenciales cuya presencia podría ayudar a localizar depósitos de minerales, y las fuentes que en los tiempos antiguos proporcionaban cobre a Sumeria. Como resultó más tarde, la aparición frecuente de objetos de cobre arsenical en el mundo antiguo hizo todavía más difícil la localización de depósitos de mineral.

En 1935 J.R. Partington<sup>28</sup> contribuyó al estudio de la edad de cobre y de las aleaciones de cobre arsenical de origen antiguo. Señaló que algunas hachas de cobre arsenical duro, encontradas en Charente, contenían 2'8% de arsénico, mientras el contenido de arsénico de algunos objetos egipcios antiguos de cobre era: 1) un hacha del 3500 A.C. contenía 96'9% de cobre, 1'5% de arsénico, 0'2% de estaño, 0'7 de hierro; 2) el fragmento de jarrón anteriormente mencionado, encontrado por Sague de Morgan en las excavaciones de Dashur. Hay que señalar que Partington no llevó a cabo el análisis químico de los objetos, utilizó básicamente la información suministrada por M. Berthelot y J. Sebelien.

En 1936 W. Witter<sup>29</sup> fue uno de los primeros investigadores que prestó particular atención a las aleaciones antiguas de cobre arsenical y sus ventajas sobre el cobre puro que, sin duda, fueron valorados por los antiguos fundidores. Witter declaraba que con el cobre puro, caracterizado por malas propiedades para la fundición, difícilmente podría ser usado para piezas fundidas. Incluso pequeñas adiciones de azufre son suficientes para hacerlas porosas. El oxígeno, que es absorbido por el cobre, actúa de la misma forma. Pero incluso un pequeño contenido de arsénico (o estaño) en el cobre es suficiente para obtener piezas fundidas de gran solidez. Así, el arsénico y el estaño actúan como desoxidantes, como agentes captadores de oxígeno. Witter también menciona que en la tecnología moderna este efecto se consigue mediante la adición de fósforo al cobre.

En 1949 E.R. Caley<sup>30</sup> publicó los resultados del análisis químico del objeto de cobre arsenical de la región del Egeo. Señalaba la frecuente existencia de objetos antiguos de la misma composición en la Europa Central y Mesopotamia. También hacía hincapié en que el empleo de las aleaciones de cobre arsenical en la antigüedad es interesante para el estudio del descubrimiento y posterior uso del bronce de estaño. Al mismo tiempo, puso de manifiesto un cierto paralelismo comparando los objetos de cobre arsenical con los de otras regiones. Pero estos objetos no pueden probar la existencia de un período histórico especial en algunas de las regiones porque los objetos de cobre-estaño se usaban junto a los de arsénico, por ejemplo, los de la antigua ciudad de Theimi en Lesbos. Caley piensa que no es necesario llegar a ninguna conclusión a menos que estén disponibles los resultados de los análisis de objetos de cobre arsenical, para datarlos con cierta fiabilidad.

En 1951, T. Burton-Brown<sup>31</sup> realizó excavaciones en un poblado antiguo en la colina de Geoy-Tepe cerca del lago Vimia en el sur de Azerbaijan (Irán) en 1948. Los objetos de metal se encontraron en el estrato más bajo, datado alrededor del 3200 A.C. Dos de ellos no tienen forma definida. Este hallazgo no se sometió a análisis espectral. Por desgracia, es bastante difícil estimar la composición de los dos objetos arriba mencionados ya que estaban completamente oxidados. El análisis espectral de estos objetos y otros encontrados en la excavación fue solamente semi-cuantitativo. Este ha revelado que las dos muestras son de cobre y su composición química también incluye mezclas pequeñas de estaño, plomo, arsénico, antimonio, plata, bismuto, níquel, hierro y fósforo.

Se encontraron varios objetos de cobre en un estrato más alto del principio del tercer milenio A.C. Dos de ellos contenían supuestamente 1'0%, tres un 0'2% y uno, un 0'1% de arsénico. Así Burton-Brown determinó la aparición de objetos de cobre arsenical en Geoy-Tepe al principio del tercer

milenio A.C. Hay que señalar que estos objetos se encontraban también en muy mal estado y la validez de los resultados de los análisis semicuantitativos, llevados a cabo bajo la dirección del Dr. Voce, suscitaron algunas dudas. De acuerdo con las explicaciones del Dr. Voce, citado en el trabajo de T. Burton-Brown, el análisis espectral dio datos cuantitativos aproximados sobre las adiciones del cobre y sus aleaciones. Estas afirmaciones muestran la necesidad de los análisis espectrales cuantitativos. Ciertamente, sólo se puede asumir el uso de los objetos de cobre arsenical en este periodo.

En 1954, E.V. Lippmann<sup>32</sup> aceptó la idea de la existencia de la edad de cobre en algunos países antes de la edad de bronce. Pero menciona que los objetos de cobre arsenical también se usaron durante este periodo en la historia de la humanidad. En su opinión los objetos de cobre arsenical deberían considerarse de cobre, lo que supone un grave error. Pero Lippmann acentúa que las herramientas de cobre arsenical se usaban junto con los utensilios de cobre en la mayoría de los países del Viejo Mundo, e incluso del Nuevo Mundo, desde principios de la edad de cobre. Entre estos mencionó la Alemania Central y Perú, además de Egipto y Chipre. El contenido de arsénico en el cobre es del 4% en estas regiones. No hay que decir que la afirmación sobre el contenido máximo de arsénico en el cobre y la existencia de la edad de cobre en todos los países en el 2000 A.C. debería considerarse obsoleta.

En 1958 fuimos los primeros en declarar el carácter hipotético de la existencia de la edad de cobre en el territorio de la República Socialista Soviética de Azerbaijan. Se presentó la teoría de la edad o periodo de cobre arsenical en el Transcáucaso<sup>33</sup> y el norte del Cáucaso.

En 1964, V.A. Pazukhin<sup>34</sup> llevó a cabo algunas investigaciones para determinar el origen de las antiguas aleaciones del cobre arsenical. Se afirmaba que los objetos de cobre arsenical prevalecen entre los primeros objetos de cobre en muchos países, por ejemplo, en el Cáucaso, Irlanda, Bataín; parcialmente en el sur de España y China. En su opinión no es cierta la idea ampliamente extendida de que los utensilios de cobre arsenical estaban hechos de cobre nativo, encontrado por ejemplo, en Irán y en la región del Lago Superior. También pone en duda el uso de los minerales de cobre oxidados que contienen arsénico. Afirma que los dos son incomparablemente más raros que lo esperado, esto es, sin arsénico. Pazukhin también contradice la afirmación de que los antiguos fundidores solían escoger estos minerales de cobre que contenían arsénico para conseguir cobre con mayor o menor contenido de arsénico para su fundición. Más aun, se considera poco probable la fundición del antiguo cobre arsenical aparte de la *tetraedrita* sólo que debería ser calentado primero. Los minerales de *fahlerz* son oscuros y sin brillo. No aparecen en la

superficie de la tierra y no llaman la atención como los minerales de cobre oxidados.

V.A. Pazukhin piensa que los antiguos fundidores conocían un método exacto y sencillo para obtener aleaciones de cobre arsenical, bien fundiendo junto minerales de cobre oxidados, minerales arsenicales, bien por su adición al cobre ya fundido. También determinó que los aditivos más apropiados serían el llamativo mineral oropimente, dorado, o el rejalgar, escaflata, mientras que la poco llamativa y oscura tenentita es menos probable. Pazukhin no rechazó la posibilidad de que los antiguos fundidores usaran arsenopirita, plateada, o lelengita para este propósito. Se sabe que los abalorios se hacían de estos minerales.

V.A. Pazukhin llevó a cabo una serie de pruebas con adiciones de minerales arsenicales bajo una capa de carbón con polvo de cobre electrolítico, con su óxido y malaquita pura.

Estas pruebas de fusión mostraban la posibilidad de obtener aleaciones de cobre arsenical mediante la adición de minerales sulfurados de arsénico a los minerales de cobre oxidados. Deben hacerse algunas observaciones al trabajo de Pazukhin. No podría obtener aleaciones que contuvieran más del 7'5% de arsénico con la prueba de fusión. Se dice que la prueba de Pazukhin muestra que la aleación arsenical no es peligrosa por la toxicidad de los compuestos gaseosos de arsénico que desprende en el proceso de fusión. A los fundidores se les obligaría a exponer el lado de la chimenea al viento. En este caso la idea de evitar el peligro eligiendo cuidadosamente la posición del fundidor parece algo ingenua. En nuestra opinión, debería llevarse a cabo la nueva prueba de fusión de aleaciones de cobre arsenical con gran contenido de arsénico.

En el mismo año P.R. Moorey<sup>35</sup> prestó especial atención a un número de objetos de metales antiguos iraníes conocidos como *Lurustanian* que se guardan en el museo de Ashmolean en Oxford. Moorey distinguió dos, un hacha y una daga, que resultó ser la más antigua. Las considera similares a los tipos Elamita y Sumerio, que se remontan a la mitad del tercer milenio A.C. La daga, según la información que poseía, era similar a una daga de oro de la Royal Graves en Ur. El análisis de los dos objetos mostraba que estaban hechos de cobre arsenical con 4'5% y 3'7% de arsénico en la daga y el hacha, respectivamente.

En la conclusión de esta investigación Moorey menciona que existía una etapa tecnológica del uso de la aleación de cobre arsenical en algunas áreas del suroeste de Asia. También determina el tiempo de la existencia de este período. Por ejemplo, en el sur de Mesopotamia existió desde el final del cuarto

milenio A.C. y más tarde en Asiria y noroeste de Irán. Pero hoy, estos datos cronológicos deberían considerarse anticuados, especialmente para el Cáucaso y para Irán. Más tarde R. F. Tylecot y H. McKerrell<sup>36</sup> señalaron que la existencia de metalurgia de cobre arsenical en Irán era anterior. Su afirmación se basaba en los resultados de los análisis de objetos de metal del poblado de Tel-i-Yehya. Dos de ellos se remontaban hacia 3800 A.C. y eran de aleaciones de cobre arsenical. Uno de ellos, un cincel, contenía 3'3% de arsénico; una lezna solamente 0'3%. No se señala el peso de estos objetos.

En 1957 H.H. Coghlan y H. Case<sup>37</sup> publicaron algunas ideas relacionadas con la fundición del cobre arsenical y las aleaciones de cobre y antimonio en la antigüedad. Originalmente se explicó por el uso de *fahlerz* con alto contenido en arsénico y antimonio. Se cree que una parte del arsénico y antimonio queda en el cobre fundido. En su opinión, los antiguos fundidores obtenían aleaciones de cobre arsenical con un contenido de arsénico aproximadamente similar, bien mediante aleación de minerales, bien controlando el proceso de fusión. Esto último es asumido por V.A. Pazukhin.

En 1969, H. H. Coghlan y G. Parker<sup>38</sup>, manifestaron, refiriéndose a R. F. Tylecot, que durante la edad de cobre los objetos de cobre arsenical se habían usado en las Islas Británicas simultáneamente con los utensilios de cobre. Estos fueron fechados de 1850 a 1650 A. C. aproximadamente. En relación con el aserto de Tylecot<sup>39</sup>, Coghlan destaca que hay abundantes ejemplares de objetos de cobre arsenical pero que el uso de cobre puro no se demostró tan tempranamente. Coghlan informó que solamente había 11 objetos de cobre puro, sin contenido de arsénico, que pudieran ser asignados a la edad del cobre, a diferencia de lo que ocurre con la edad o periodo del cobre arsenical. Por ese motivo, concede tanta atención a los resultados de los análisis de las dos hachas, fabricadas, según esos análisis, de cobre puro. Todavía Coghlan mantiene, con Parker, la opinión de que la existencia de una edad de cobre anterior a la del cobre arsenical fue característica de las Islas Británicas y de Irlanda.

En 1975, H.H. Coghlan<sup>40</sup> introdujo correcciones importantes a su primera afirmación, observando que *cuando el proceso de fusión se descubrió, el óxido, carbonato y otros minerales de cobre eran explotados y estos minerales habrían dado tanto cobre puro como impuro*. Coghlan acentuó que *poco después del descubrimiento de la fundición, los objetos de cobre arsenical empezaron a aparecer*. También afirma que debido al ya señalado predominio del cobre arsenical en algunos países, sería quizás, más correcto hablar de una edad o período de cobre arsenical, mejor que el término más general de la edad de cobre. Además manifiesta que el uso del cobre arsenical estaba ampliamente extendido en Europa y en Oriente y, se basa en las referencias de los análisis

llevados a cabo por el grupo de Stuttgart<sup>41</sup> por Selimkhanov<sup>42</sup> y por Selimkhanov y Maréchal en Francia<sup>43</sup>.

#### 4. Conclusión

Hemos examinado brevemente el problema de una edad o período de cobre arsenical ya que la limitada extensión del presente trabajo no cubre totalmente el tema. Hay resultados de las investigaciones llevadas a cabo por algunos reconocidos estudiosos, cuyas conclusiones no han sido discutidas. Hemos dado una relación de opiniones sobre la existencia de la edad de cobre y la edad de cobre arsenical en algunas regiones. Se han mencionado las investigaciones llevadas a cabo en la sección de Tecnología Arqueológica en el Instituto de Historia de Baku. Como resultado de estas investigaciones, sugerimos la existencia de una edad o período de cobre arsenical, primero en Azerbaijan y más tarde en todo el Cáucaso. De hecho H.H. Coghlán apoya nuestra teoría de la existencia de la edad o período del cobre arsenical en ciertas regiones del Viejo Mundo.

#### NOTAS

1 SELIMKHANOV, I.R. (1985) Arsenical Copper: Some results from Optical Emission Spectrochemical Studies. *Proceedings of the Seminar: Application of Science in Examination of Works of Art*. Boston. 69-70.

2 HEIZER, R.F. (1962) The Background of Three-Age System. *Technology and culture*, 3. 259-266. Chicago.

3 (1965) *Hesiod, Werke und Tage, Sämtliche Werke*. Leipzig, 49-90.

4 Lukrez, Über die Natur der Dinge. *Schriften und Quellen der Alten Welt*, 32, Berlin.

5 (1962) *Juang Khang, Yue Jue Shu. The Archaeology of Ancient China*, New Haven, London, p. 2.

6 PULCZKY, V. (1884) *Die Kupferzeit in Hungary*, Budapesth.

7 SITTLE, G. (1895) *Archäologie und Kunst*. München.

8 MUCH, M. (1893) *Die Kupferzeit in Europe*. Jena.

9 BERTHELOT, M. (1893) *La Chemie au Moyen Age*, Paris. Vol. 1, p. 364.

10 OBERMEIER, G. (1913) *Doistoricheskiy Chelovek*. pp. 574-580.

11 VERNADSKY, V.I. (1955) *Izbranniya Sochineniya*. Moscow, p. 264.

12 SEBELIEN, J. (1931) Zusammensetzung der Vorhistorischen Bronzen. *Chemiker Zeitung*, 55. p. 973.

13 COGHLAN, H.H.; CASE, H. (1957) Early Metallurgy of Copper and Bronze in Ireland and Britain. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 23, 91-123.

14 PARTINGTON, J.R. (1935) *Origins and Development of Applied Chemistry*, p. 54, 381.

- 15 NARIMANOV, I.G.; AZIMOV, M.S (1985) Eneolicheskoye Poseleniye Chalagantepe. *Pamiatniki materialnoy kulturi Azerbajijana*, "ELM", pp. 3-11 Baku.
- 16 ABIBULLAYEV, O.A. (1963) Nekotoriye itogi izucheniya kholma Kiultepe v Azerbajijane. *Sovetskaya Arch.* 157-168.
- 17 SELIMKHANOV, I.R.; TOROSYAN, R.M. (1966) Kopredeleniye eneolita na territorii Zakavkazya po dannim analiza metallicheskih predmetov. *Istorico-filologicheskij Zhurnal*, 1, 301-308. Erevan.
- 18 TYLECOT, R. F.; MCKERREL, H. (1971) An Examination of Copper Alloy Tools from Tal-iYahya, Iran. *Bulletin of the Historical Metallurgy Group*, 5 (1), 37-38. London.
- 19 BURTON-BROWN, T. (1948) *Excavations in Azerbaijan*. London, p. 51.
- 20 SPIRIGATIS, H. (1876) Über das Vorkommen von Arsen in Antiken Bronzen. *Ann.d.Chemie*, 181, 394-396.
- 21 VIRCHOW, R. (1891) Analysen Kaukasischer und Assyrischer Bronzen. *Zeitschrift für Ethnologie*, Berlin, p. 351.
- 22 YESSEN, A.A. (1935) Voprosu o drevneyrchey metallurgii na Kavkaze. *Izvestiya GAIMK*, 120, 220-221. Moscow-Leningrad.
- 23 HELM, O. (1899) Über die Bedeutung der Chemischen Analyse bei Vorgeschichtlichen Untersuchungen. *Correspondenzblatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte*, 30 (9), 96-101.
- 24 BERTHELOT, M. (1906) *Archeologie et Histoire des Sciences*, pp. 44, 45, 51.
- 25 LIPPMANN, E.V. (1919) *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*. Berlin. 238-241.
- 26 GOTZE, A. (1924) Arsenic. *Reallexicon der Vorgeschichte*, p. 230.
- 27 DESCH, C.H. (1935) *Annual Reports of the Brit. Assoc. for the Advancement of science*.
- 28 PARTINGTON, J.R. (1935) *Origins and Development of Applied Chemistry*, p. 381.
- 29 WITTER, W. (1936) Die Technische Verwendung von Kupfer-Arsenlegierungen im Altertum. *Metall und Erz.*, 33, (6), 118.
- 30 CALEY, E.R. (1949) On the Prehistoric Use of Arsenical-Copper in the Aegean Region, *Hesperia: Supplement VIII, American school of Classical Studies at Athens*, 60-63.
- 31 BURTON-BROWN, T. (1948) *Excavation in Azerbaijan*. London. p. 190.
- 32 LIPPMANN, E.V. (1954) *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, dritter Band, Weinheim/Bergstr.*, p. 56.
- 33 SELIMKHANOV, I.R. (1958) Kistoril razvitiya metalloobratotki i gomorudnogo de la v Azerbajijane. *Vestnik ANSSSR*, 9, pp. 56-57.
- 34 PAZUKHIN, V.A. (1964) O proiskhozhdenii drevney mishyakoboy medi. *Izvestiya Akademii nauk SSSR*, 1, pp. 151-165.
- 35 MOOREY, P.R. (1964) An Interim. Report on some Analyses of Luristan Bronzes. *Archeometry*, 1, pp. 72-80.

- 36 TYLECOT, R.F.; MCKERRELL, H. (1971) An Examination of Copper Alloy Tools from Tal-i-Yahya, Iran. *Bulletin of Historical Metallurgy Group*, 5 (1), London. pp. 37-38.
- 37 COGHLAN, H.H.; CASE, H. (1957) Early Metallurgy of Copper and Bronze in Ireland and Britain. *Proceedings of Prehistoric Society*, 23, 91-123.
- 38 COGHLAN, H.H.; PARKER, G. (1963) *Metallographic Research as Museum Aid. An Exam. of Two Pure Copper Flat Axes*, Newbury, p. 1.
- 39 TYLECOT, R.F. (1962) *Metallurgy in Archaeology*. London.
- 40 COGHLAN, H.H. (1975) Notes on the Prehistoric Metallurgy of Copper and Bronze in the Old World. *Occasional Papers on Technology*, 4. Oxford. Oxford, University Press. 2<sup>nd</sup> ed., pp. 25, 38, 41, 43, 79.
- 41 JUNGHANS, S.; SANGMEISTER, E.; SCHRODER, M. (1960) *Metall Analysen Kupferzeitlicher und Frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europe*. Vol. I. Berlin.
- Ibidem. (1968) *Kupfer und Bronze in der frühen metallzeit Europas*, Vol. II, Berlin.
- 42 SELIMKHANOV, I.R. Zur Frage einer Kupfer-Arsen-Zeit. Germany, 55, 1-2, pp. 1-6.
- SELIMKHANOV, I.R. (1962) Analyses of Metal Articles from Archaeol. Monuments in Transcaucasia. *Proceedings of the Prehist. Society*, pp. 68-79.
- 43 SELIMKHANOV, I.R.; MARECHAL, J.R. (1966) Nouvelles conceptions sur les debut de la métallurgie ancient en Europe et au Caucase. *Bulletin de la Société Préhistorique Francaise, Etudes et Travaux*, n<sup>o</sup> 2. Paris.