



SABER, arte y técnica

Minerva. Saber, Arte y Técnica
AÑO III / VOL. 1 JULIO DE 2019
ISSN en línea 2545-6245
ISSN impreso 2591-3840

Las falsificaciones modernas DE MONEDAS ANTIGUAS **COMO OBJETO DE ESTUDIO** DE LA CRIMINALÍSTICA:

Análisis forense y numismático de un
denario de Severo Alejandro (**parte II**)

Diego Alejandro Alvarez
diego.ale.alvarez@gmail.com
Fellow of the Royal Numismatic
Society (FRNS)

FECHA RECEPCIÓN:
25 DE MARZO
FECHA ACEPTACIÓN:
3 DE SEPTIEMBRE DE 2017

Resumen

El presente artículo se desprende de una primera investigación más extensa pero menos precisa desarrollada para la tesina de licenciatura en Criminalística (2016) y titulada “Aplicación de técnicas de la criminalística para la determinación de falsificaciones modernas de monedas antiguas”, cuyo objetivo era analizar la efectividad de diferentes técnicas forenses para la resolución de una de las interrogantes más complejas de la numismática: la determinación de autenticidad o falsedad. En esta segunda parte se lleva a cabo un pormenorizado análisis numismático y forense sobre una pieza de origen desconocido, definiendo características que permitirían establecer una falsificación moderna, objeto de estudio de la criminalística, pero teniendo en cuenta las características de las auténticas, que son objeto de estudio de la numismática.

Abstract The following article is based on a more extensive but less precise first investigation developed for the thesis of Criminalistics (2016), "Application of forensic techniques for the determination of modern fakes of ancient coins", which consisted in analyzing the effectiveness of different methods for solving one of the most complex questions of numismatics: the determination of authenticity or falsehood of ancient coins.

In this second part a detailed numismatic and forensic analysis is carried out on a coin of uncertain origin, defining characteristics that would allow establishing a modern forgery, which is the object of study of Criminalistics, but also defining characteristics that would establish its authenticity, which is object of study of Numismatics.

Palabras Clave forense, numismática, análisis, falsificación, moneda antigua

Keywords forensic, numismatics, analysis, forgeries, ancient coin

Introducción En la primera parte de este artículo, se realizó una introducción a la numismática como ciencia, con el propósito de dar a conocer sus disciplinas al perito, llevándose a cabo un pormenorizado análisis numismático de la moneda dubitada de Severo Alejandro. Esto permitió ubicarla dentro de una serie monetaria concreta, y establecer elementos que, en un estudio comparativo, determinarán si corresponden con las características que poseen piezas de su misma serie considerados auténticos. En esta segunda y última parte, se llevarán a cabo las correspondientes determinaciones forenses, cotejando luego la información obtenida tanto sobre la pieza cuestionada, como piezas indubitadas, y también, falsificaciones de las mismas.

Determinaciones forenses. Consideraciones generales En la época antigua, las formas de corroborar la autenticidad de piezas de alto valor (denominaciones en metal noble) eran, comúnmente, realizando cortes o perforaciones sobre la misma para verificar que su interior o núcleo poseía la misma aleación visible en su superficie; y también a través de su peso, comparándolo con el sistema de patrones de referencia de la época, sin contar el estilo, que muchas veces quedaba evidenciado por su gran diferencia con la calidad que poseían las piezas emitidas por las cecas oficiales. Conforme fue pasando el tiempo y avanzando la tecnología, el investigador se ha valido de mejores técnicas y herramientas para cumplir con este cometido. Pero por desgracia, la mayoría de las piezas que serán objeto de peritación son de desconocida procedencia, agravadas por el hecho de que muchas de ellas son ofrecidas por comerciantes sin reconocimiento y de dudoso prestigio, como muchos de los que venden en las plataformas e-commerce a través de internet. Éstos serán comparados con ejemplares de origen confiable e indudable autenticidad, como lo son los reportes de tesoros hallados, que obedecen a un correcto protocolo de "cadena de custodia" (Feria y Pérez, 2012, p. 365).

Hay que tener en cuenta en primera instancia que no puede determinarse autenticidad con sólo analizar un aspecto de la pieza en cuestión. Citando a Sayles, "analizar la autenticidad de monedas antiguas debe ser un ejercicio similar al que las fuerzas de seguridad realizan al analizar huellas

1 El método requiere para su aplicación elementos indubitados auténticos, y el cumplimiento de similitudes, siendo útil para moneda actual por ser de fabricación industrial (Alvarez, 2016, p. 18)

2 “Los peritos caen en el error si no tienen en cuenta las leves modificaciones que cada cual refleja en la propia escritura, (...)” (Davide Vismara, cit. Merayo, 2016, pag 55). De este fragmento se desprende la ley de escritura que afirma que si dos firmas son exactamente iguales, una de ellas es falsa. Fuente: Merayo, L. (2016). *Grafística Forense*. Abril y Mayo 2016.

3 Entre ellos, <http://www.forumancientcoins.com/fakes/index.php>, <http://www.forumancientcoins.com/dougsmith/index.html>, http://www.chijano-fuji.com/online_liquidators.html y http://tomross.ancients.info/images/Fake%20Coins/fake_coins.htm.

4 Por supuesto el ojo humano es poco sensible para detectar aleaciones, y se deberá valer de otras técnicas analíticas más objetivas.

dactilares” (Sayles, 2001, p. 90), en el sentido de que para que se pueda brindar un veredicto, se requerirá la combinación de la existencia de varios aspectos, ya que una condición por sí misma no será concluyente.

Una gran desventaja existente con este tipo de material es que no hay forma de datar, siquiera con aproximación, cuándo una moneda fue fabricada, ya que ningún método lo permite de forma directa, por lo que habrá que recurrir a obtener información que nos oriente al respecto de manera indirecta.

Es menester destacar también que, como se ha visto en los apartados anteriores (ver: *Acuñaación a golpe de martillo*), las monedas del Imperio Romano eran manufacturadas de manera artesanal, por lo tanto, no se podrá aplicar los métodos modernos actuales, como el scopométrico, utilizado por la Policía Federal Argentina para la determinación de monedas y billetes de curso legal basado en la comparación, particularmente por dos razones: resulta difícil adquirir piezas indubitadas con las cuales realizar la comparación, y que de éstas asimismo se esté seguro de su autenticidad; y el hecho de que, por su manufacturación artesanal, no se encontrarán dos monedas antiguas suficientemente idénticas¹. Pero esto no debe desanimar al perito, sino por el contrario, debe utilizarlo a su favor: al igual que sucede ante el caso de dos firmas idénticas², en caso de hallar dos monedas antiguas exactamente iguales, se sabrá que al menos una de ellas es una falsificación, seguramente obtenida por un método distinto al de acuñaación como lo es la fundición, tratándose de copias de ejemplares auténticos por medio de la creación de moldes. Partiendo de esta premisa, y ya teniendo la pieza clasificada, se realizó primeramente una búsqueda en bases de datos de monedas reportadas como falsas, en busca de una pieza similar a la analizada. El primero al que se accedió fue uno de los considerados más grandes: Forgery Network (www.forgerynetwork.com), buscando emisiones del emperador de la moneda cuestionada. También se ha buscado en otros sitios³ con importantes bases de datos de piezas falsas. También se tuvo acceso a los catálogos publicados por Ilya Prokopov de reproducciones búlgaras.

El resultado de esta búsqueda fue negativo: no se halló ninguna pieza similar a la cuestionada. De todos modos, estos “clones” pueden a veces variar en algunos detalles, principalmente en la coloración, pero la mayoría de las veces es difícil encontrar su “auténtica” o una copia idéntica, aun buscando en todas las bases de datos creadas de reportes de monedas falsas en internet. No debe, sin embargo, descartarse como medida previa dicha búsqueda.

Observación directa y aumentada del “soporte”

El siguiente paso será visualizar el “soporte” de la pieza cuestionada, recurriendo a la valoración de ciertos aspectos generales y observables a simple vista, como la ya analizada coloración para la determinación de la posible denominación, y vinculada a la aleación metálica⁴; características de la superficie, canto, relieves, que podría orientar si existen posibles maniobras que delaten que se trata de una falsificación o una adulteración, teniendo en consideración sus características, que se desarrollarán en el siguiente apartado. Como sucede en las pericias scopométricas, se trataría del examen físico del objeto dubitado en estudio, en donde se establecerá si su método de manufacturación fue efectivamente el que corresponde con la época o no (en este caso, acuñaación a golpe de martillo). Para ello es necesario establecer cuáles son los tipos de falsificación existentes de monedas antiguas, y analizar las características propias que podrían eventualmente revelar que se trata de una pieza falsificada.

Falsificaciones Antiguas

Como se ha dicho en la introducción, la falsificación de monedas es una práctica tan antigua como la moneda misma. Barclay Head (1911, p. 645) registra la existencia de crudas imitaciones o falsificaciones contemporáneas de monedas de Lydia con cabeza de león, una de las más antiguas series monetarias, que datan aproximadamente del siglo VII a.C. Dicen, incluso, que Polícrates de Samos estafó a los espartanos con monedas de oro falsas aproximadamente en 540 a.C. (Silveyra-Lozano, 2001, p. 17).

Su desarrollo técnico es comparable al de la propia manufacturación de las auténticas, creciendo ambas al mismo tiempo a medida que avanzaron a lo largo de la historia. Por lo tanto, será muy importante analizar este tipo de falsificaciones y sus formas de producirlas no sólo para identificarlas como tales y diferenciarlas de las auténticas, sino también, para no confundirlas con falsificaciones modernas.

Como sucede en la actualidad con las falsificaciones de moneda corriente, la producción de falsificaciones en la antigüedad ha pretendido que sus unidades producidas sean aceptadas en los intercambios como piezas auténticas, a través de distintos métodos, como por ejemplo, rebajando el contenido fino, forrándolas (las denominadas *fourree*), o con baños por lo general en plata; o fundidas, realizadas en bronce por la gran disponibilidad que siempre hubo de este metal a diferencia de los metales preciosos, aunque ha habido algunas excepciones en oro y plata. Las falsificaciones más comunes en la antigua Roma solían ser las monedas *fourree*, que imitaban ser del metal precioso forrando el núcleo del cospel de metal no noble, con láminas de plata. También se realizaban falsificaciones fundidas (a través de moldes), pero eran de muy mala calidad y son piezas que se distinguen fácilmente (Muñiz García, 2015, p. 10).



*Fig 7. Posible denario falso de época de Severo Alejandro (izquierda), comparado con el anverso de un denario auténtico del mismo emperador (derecha). Fue vendida como auténtica, pero aclarando que es forrada. Las diferencias del retrato y las zonas delaminadas de color cobrizo parecen indicar una falsificación *fourree* antigua. Colección del autor.*

Se trata entonces de falsificaciones de época, que de hecho son coleccionadas muchas veces por numismáticos, y no ocasionan un perjuicio al mercado de coleccionistas, ni al estudio y conservación de piezas arqueológicas en sí; por lo que no será objeto de estudio en el presente artículo.

Falsificaciones Modernas

A diferencia de las antes descritas, las falsificaciones modernas sí generan un perjuicio a la numismática en más de un sentido, y la venta de las mismas como piezas auténticas conforman, como ya se ha visto, un concreto delito de estafa.

Las primeras reproducciones de monedas antiguas comenzaron en el inicio del Renacimiento, alrededor del siglo XIV, principalmente en Italia, por el interés que en aquel entonces había despertado el coleccionismo de antigüedades. Se destacaron así artistas como Cavino y Cellini, con sus famosos medallones paduanos, que hoy en día son fácilmente reconocibles, y poseen un gran valor por ser también coleccionados.

Posteriormente se harían conocidos los trabajos del copista Becker, también de gran admiración por su calidad y semejanza a las piezas auténticas, principalmente monedas griegas.

Desde el siglo pasado, han surgido numerosos artistas cuyas copias son consideradas de las más peligrosas. Las falsificaciones de Christodoulou (griego del s. XX), Peter Rosa, Slavey Petrov y las de la Escuela búlgara son claro ejemplo de ello, y han sido muy estudiadas, siendo muchas de ellas publicadas en catálogos, como la serie de publicaciones de falsificaciones modernas de Sofía (Bulgaria)⁵.

Tradicionalmente se pensaba que las falsificaciones se realizaban únicamente sobre piezas cuyo alto valor hicieran valer la pena su producción. Esto ha sucedido con los primeros falsificadores conocidos de época medieval, pero a medida que la numismática comienza a crecer y desarrollarse como afición y como ciencia, el mercado de coleccionistas aumenta, y los falsificadores se dedican a reproducir también piezas de bajo valor, como por ejemplo, aquellas fiduciarias⁶ del bajo imperio romano. Esto se vio incrementado con la llegada de internet y las compras de monedas antiguas por este medio. Por lo tanto, no es una condición que brinde seguridad el hecho de que determinada pieza obtenida corresponda a una serie monetaria cuyos ejemplares sean de fácil acceso, ya que éstas también, pueden ser susceptibles de ser falsificadas, más aun cuando quienes la producen se percataron de que es más provechoso realizar copias de monedas comunes en gran cantidad (Sayles, 2001, p. 3)

⁵ Todas ellas publicadas en su mayoría por Ilya Prokopov y Eugeni Paunov entre 2003 y 2007

⁶ La moneda fiduciaria es aquella cuyo valor está fijado por un acuerdo tácito entre sus usuarios, o simplemente por la ley, siendo su valor real siempre superior a su valor intrínseco (Salgado, 2009, p. 109). Esto sucede con prácticamente todas las monedas que circulan actualmente.

Métodos conocidos de producción de falsificaciones modernas

Falsificaciones Fundidas (*casting*)

Uno de los métodos más utilizados y extendidos por los falsificadores en esta práctica fraudulenta, es el de su obtención por fundición. Es realizada a partir de una moneda auténtica (o buena copia de ella) con la cual se genera un molde en donde es vertido el metal fundido por un orificio. Se considera la más sencilla de ser detectada. A simple vista es posible observar que la superficie de la pieza presentará pequeñas cavidades, producto de haber absorbido el metal fundido aire que al solidificarse es liberado, generando diminutos "hoyuelos" o pequeñas depresiones redondas, dejando un aspecto general poroso. Además, las burbujas que no liberan el aire absorbido forman pequeños pegotes también redondos.

Encontrar estas características no es, sin embargo, categórico para determinar una falsificación de este tipo. Esta porosidad puede ser confundida con la que se genera en las piezas auténticas como resultado de la corrosión que naturalmente pueden sufrir, aunque éstas suelen ser más grandes, ásperas y menos redondas, con formas más irregulares (Muñiz García, 2014, p. 4).



Fig. 8. Granulación presente en sestercio (AE) de Tito, en donde también se observan bordes poco definidos. Fuente: <http://www.imperio-numismatico.com/fake-coins-h49.htm>

Hay que tener en cuenta también que la granulación puede ser tratada de diferentes formas, por ejemplo, sumergiendo la pieza en ácido para eliminar las cavidades en casos muy evidentes y profundos, y luego pulirlos hasta que los poros desaparezcan. Es posible no obstante que este tratamiento posterior agrave la situación, generando agujeros más grandes, por ello solo un experimentado debe practicarlo (Hiscox y Hopkins, 2007, p. 196). Para eliminar las burbujas de aire, puede sumergirse previamente al objeto en alcohol o quitar las mismas con una brocha o pincel suave sobre su superficie (Hiscox y Hopkins, 2007, p. 221)

Otro de los elementos propios de estas falsificaciones es la costura presente alrededor del canto, producto de la unión de las dos caras del molde. Junto a dicha costura, es probable que pueda aparecer también una protuberancia en una zona del canto, dejada por el orificio por donde fue vertido el metal fundido al molde.

Todas estas marcas pueden ser no obstante limadas para que no puedan ser detectadas a simple vista, pero ante un examen en aumento quedará en evidencia zonas pulidas de los intentos de erradicación, que podría orientar a determinar su presencia.



Fig 9. Observación de la costura presente alrededor de todo el canto. Fuente: Muñiz García, 2014, p. 4.

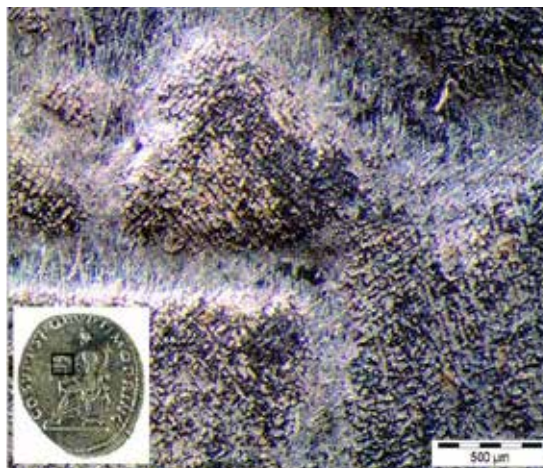
Las falsificaciones producidas a través de este método poseen menos relieve que los auténticos acuñados, y los mismos se encuentran suavizados, encontrándose las leyendas poco afiladas (Muñiz García, 2014, p. 5). No suele presentar contraste entre relieves y campos, siendo su color más homogéneo. Además, el metal, al haber sido fundido y no acuñado, se encuentra menos denso y más “suelto”, por lo que al ser golpeadas las piezas en oro y plata tendrán un sonido distinto que las auténticas (Muñiz García, 2014, p. 5). Es importante destacar que las piezas fundidas difícilmente posean un peso acorde al patrón obtenido de auténticas.

Falsificaciones por microfusión o fusión con centrifugado (*centrifugal casting*)

Se trata de un procedimiento en donde se prepara un molde por lo general de goma virgen, con que se produce réplicas de cera en positivo. Posteriormente con las mismas se realiza un nuevo molde de escayola o similar pero en negativo, que se rellena con el metal fundido en una centrifugadora. El movimiento de centrifugado mientras se enfría el metal produce la eliminación de las burbujas, obteniéndose así copias de gran calidad y con mejores detalles que con el método anterior.

En las reproducciones por molde, se prepara idealmente una mezcla de azufre derretido, tierra de infusorios y grafito (este último conserva los detalles). Para los moldes en cera, se emplea cera virgen derretida, también con grafito (Hiscox y Hopkins, 2007, p.220), pero también pueden realizarse moldes de cola o gelatina (con alumbre de cromo y bicromato potásico se vuelve inalterable a la humedad e insoluble al agua). Los moldes de yeso emplean escayola mezclada con piedra pómez en polvo.

En la detección entonces no se observarán las pequeñas depresiones producidas por las burbujas generadas por el aire absorbido estando el metal fundido y liberado al enfriarse como sucedía en la fundición convencional (García, 2014, p. 7), ni tampoco la falta de relieve, aunque no implica que no podamos aplicar otras técnicas para su detección, al aún tratarse de un método por fundición. Además, al no haber sido acuñadas como en las auténticas, se diferenciarán de éstas en su microestructura (Compañía Prieto, 2012, p. 206). Al enfriarse el metal luego del centrifugado, tenderá a contraerse y producir diferencias en el diámetro y espesor de la copia, obteniéndose un producto final con un peso generalmente menor al esperado, volviéndose uno de los elementos que más evidencian y posibilitan su detección. De todos modos, se suele decir que las falsificaciones producidas por este método son una de las más peligrosas de determinar.



*Fig. 10. Granulado dendrítico en una falsificación por microfundición, observado con lupa binocular.
Fuente: Compañía Prieto, 2012, p. 207*

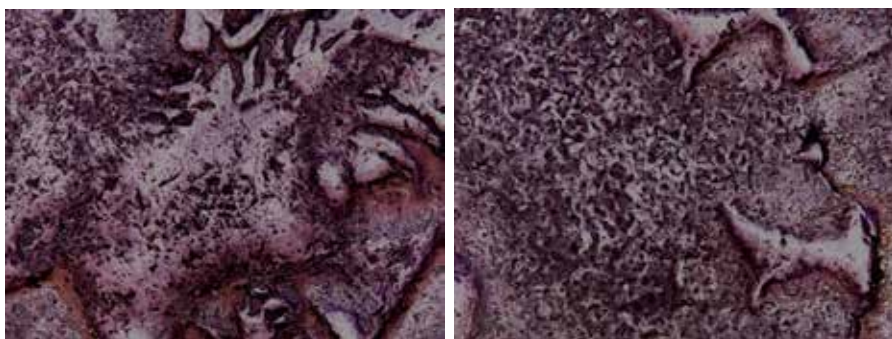


Fig. 11. Observación aumentada sobre un antoniniano falso fundido de buena calidad de Gordiano III. Se puede observar cómo la granulación está presente tanto en el retrato del anverso (imagen izq.) como en los campos del reverso (imagen der.). Colección del autor.

Falsificaciones por galvanoplastia o electrotipo *(electrotyping)*

Se trata de otro método de falsificación en la que se generan dos impresiones para ambas caras de una moneda a reproducir en un material blando, como puede ser cera. El mismo es recubierto con un conductor eléctrico, idealmente polvo de cobre o grafito (Muñiz García, 2014, p. 8). Los caparazones de cera obtenidos son sumergidos en agua con una moneda del metal que se desea obtener —es preferible este método para piezas en oro o plata— y una descarga eléctrica transfiere ese metal al caparazón, hasta lograr el grosor necesario. Luego se juntan ambos caparazones de cera y se rellenan de metal fundido.

Al unirse ambos caparazones dejarán en el producto final una costura en el canto, como en las otras técnicas por fundición, que podrá apreciarse en caso de que no haya sido limada por el falsario para ocultarla. En este caso, se observará una doble costura, provenientes de las copias de ambas caras pegadas al núcleo del metal fundido, por lo general de plomo, para brindarle

mayor peso. El peso final que se obtendrá será distinto al deseado, y seguramente al auténtico, debido a la impresión en cera, y habrá cierta pérdida de relieve, principalmente, en leyendas (Muñiz García, 2014, p. 8). Como en todos los métodos en los que está implicado metal fundido para la fabricación, las copias, en especial en plata, tendrán un sonido distinto al de las auténticas al hacerlas repiquetear.



Fig. 12. Vista del canto de una falsificación producida por electrotyping, en donde se puede observar la costura, por la unión por soldadura de ambas caras. Fuente: <http://www.imperio-numismatico.com/fake-coins-h49.htm>



Fig. 13. Vista del canto de una moneda obtenida por electrotyping, donde se puede observar la doble costura, al haber sido las dos caras soldadas al núcleo. Fuente: Muñiz García, 2014, p. 8.

Otro de los elementos que puede estar presente en este tipo de falsificación es la textura nodular. Se trata de pequeños nódulos que crecieron a un ritmo más acelerado en forma de protuberancias, al ser áreas que atrajeron mayor corriente que otras.



Fig. 14. Observación aumentada del reverso de una falsificación por electrotipo, en donde se observan los nódulos característicos. Fuente: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/jaic/articles/jaic23-02-002.html>

Falsificaciones por erosión por corriente eléctrica (*spark-erosion*)

En esta técnica, una pieza de acero cilíndrica y la moneda a reproducir son sumergidas en baño electrolítico, aplicando posteriormente corriente para crear un incuso de la cara de la moneda sobre el cilindro de acero.

Se obtiene de este modo un cuño, cuya cara es muy áspera y debe ser pulida para que no queden hoyuelos. De todos modos seguirá teniendo pequeñas depresiones que se transferirán a las acuñaciones, dejando gránulos en relieve en su superficie.

Se observarán entonces gránulos en los elementos de diseño. A veces, al poseer estos cuños menor relieve, se necesitará una mayor presión en la acuñación, con lo cual aparecerán elevados "listeles". Un excesivo pulido del cuño dejará una superficie sospechosamente lisa en la copia, además de marcas de las herramientas utilizadas, en forma de líneas en relieve.

En este punto, algo importante a destacar es que ninguno de estos métodos copia los cantos de las monedas, y deben ser grabados por otros métodos complementarios. Esto es verdaderamente útil en monedas modernas ya que muchas de ellas contienen grabaciones (como leyendas u ornamentos) también sobre el canto como una "tercera cara", pero en este estudio no es muy relevante porque en la moneda antigua no se incluían diseños en dicho sector.

Dependiendo de la calidad de la técnica utilizada para la fundición, es posible reproducir incluso algunas marcas de defectos de la acuñación, como por ejemplo, las grietas y roturas de cuños.



Fig. 15. Reproducción moderna de un sestercio de Didio Juliano utilizando moldes del falsificador Peter J. Rosa, en donde se puede apreciar que ha sido posible copiar la marca dejada de rotura del cuño de anverso. Fuente: <http://www.tesorillo.com/articulos/errores/errores2.htm#rotura>

Falsificación por acuñación, mediante el labrado de falsos nuevos cuños

Se trata de un método que pretende imitar la forma en la que eran originalmente producidas las monedas en la antigüedad, en este caso, la acuñación a golpe de martillo. El resultado es una copia con características similares a las genuinas, con un relieve acentuado, y cuyos cuños varían en su forma de producción, pudiendo ser:

Cuños grabados a mano: el estilo lo brinda el propio falsificador, volviéndose en comparación, retratos menos realistas y habiendo diferencias en las leyendas con las auténticas, por lo cual, un

experto (y alguien no necesariamente tan experimentado) podría identificar por un estilo inusual o incorrecto. Generalmente, son las más fáciles de distinguir, pero dependerá de la capacidad técnica y artística del falsificador.



Fig. 16. Diferencias de estilo entre un denario de Maximino auténtico (izquierda), y una falsificación moderna acuñada (derecha). Fuente: <http://www.calgarycoin.com/reference/fakes/struck.htm>

- **Transferencia de cuños:** Existen también técnicas para transferir el diseño de determinada pieza genuina a un par de cuños. Un método muy efectivo consiste en utilizar un pantógrafo rectificador que copie los diseños de una moneda tallando el cuño en bajorrelieve, o con un baño electrolítico que recubre la pieza original con níquel o plata que, una vez desprendido, sirva para generar el cuño (Muñiz García, 2014, p. 10). Incluso se puede obtener una copia prácticamente exacta de una pieza a través de su impacto por medio de una explosión (Numismatic Forgery, “explosive impact copying”, cit. en Muñiz García, 2014, p. 10).
- **A través de torno CNC (centro de mecanizado):** Las cecas oficiales actuales utilizan esta tecnología que escanea un modelo de la moneda en epoxi, generando un archivo digital del mismo con el cual una máquina que sigue órdenes del software talla un cuño en 3D, y tarda aproximadamente en realizar la copia entre 4 o 5 hs. (Muñiz García, 2014, p. 11).

Los cuños creados con torno CNC dejan rebabas, que deben ser pulidas manualmente para erradicarlas. Por lo tanto, se podría detectar esta falsificación por las rebabas no removidas, o, al microscopio, por los “arañazos” producto del pulido, que dejará además un brillo inusual, o de la herramienta que talló mecánicamente el cuño.

De todos modos, y aun logrando una copia exacta por este método, si el cospel presenta una aleación distinta a la que poseen las piezas genuinas, podría ser detectado a través de un estudio de la composición. Además, los campos en las monedas del periodo acuñadas a golpe de martillo no son tan uniformes como lo son los generados por métodos más modernos (García, 2014, p. 11). Se trata por lo general del método optado para falsificar piezas de mayor calidad y precio⁷, volviéndose muy peligrosas, que dependerán casi con exclusividad del conocimiento y las capacidades técnicas y artísticas del falsificador. Aquí es donde se vuelve relevante la tarea de reconocimiento del experto por la determinación de estilo, ya que se requiere experiencia para

⁷ Por lo general, al realizarse para falsificar piezas de gran calidad, el golpe del martillo durante la acuñación suele ser más perpendicular, brindando un espesor más homogéneo que el que poseen las piezas auténticas, las cuales, al ser manufacturadas de forma masiva, poseen diferencias en espesor y posición

reconocerlas, incluso será capaz de establecer el estilo de un falsificador particular, luego de analizar muchas de sus piezas. Hay que tener en cuenta de todos modos, que es muy difícil que un cuño moderno, tallado a mano o por máquina, se asemeje a las características del antiguo, captando todos los detalles artísticos de los diseños.

Adulteraciones numismáticas (manipulaciones)

Si bien se trata de casos muy aislados e infrecuentes, merece su desarrollo y diferenciación de las falsificaciones. Sobre piezas auténticas existe la posibilidad de que algunos detalles de su diseño, como puede ser parte de la leyenda u otros elementos, puedan ser manipulados, a través del tallado a mano o máquina, para aumentar su rareza, limando zonas, e incorporando nuevos detalles grabados. Por lo general se realiza sobre piezas en AE puesto que en metales nobles es más difícil ocultar las marcas de herramientas (Muñiz García, 2014, p. 12).

Se presume que con una observación con suficiente aumento, como un microscopio binocular, y con distintas incidencias de luz debe ser fácilmente posible su detección, visualizando concretamente aquellas zonas que podrían haber sido objeto de manipulación con el fin directo de hacer pasar la pieza por otra más rara. Una depresión alrededor de la zona sospechada nos puede indicar que con parte del metal se talló o grabó un nuevo relieve a mano. Tratándose de casos muy particulares, no se ahondará en esta cuestión, pero se tendrá en cuenta en las determinaciones, a la hora de examinar características que indiquen falsedad o adulteración. Copias, reproducciones o réplicas

Son piezas realizadas a partir de auténticas que no tienen, en principio al menos, fin de ser utilizadas para cometer fraude. Son vendidas con expresa aclaración de que se tratan de reproducciones ("no auténticas"), a un precio inferior al que poseería su original, y algunas veces, se encuentran marcados con letras como R [reproducción] o C [opia], o las siglas del taller que las confeccionó. Por lo general, cumplen la función de brindarle la oportunidad al coleccionista de poseer una pieza que por su alto costo sería difícil obtener, y también, son utilizadas con fines educativos, como cuando son obsequiadas por museos a los visitantes y turistas⁸.

El problema con estas piezas es que, si bien no poseen el afán de ser utilizadas para cometer fraude, quien las obtiene puede eventualmente venderlas como piezas auténticas, y de ese modo, convertirlas en falsificaciones fraudulentas. En estos casos, las zonas donde indica que se trata de una copia son limadas con el propósito de que puedan ser confundidas con las auténticas.



Fig. 17. Detalle de una reproducción de un denario de Septimio Severo, en donde se observa con aumento las siglas "WRL" (Westair Reproductions Limited), siendo las iniciales de los fabricantes de la pieza. Colección del autor.

⁸ Denominadas cuando son detectadas siendo vendidas como auténticas, como "falsas de turista"

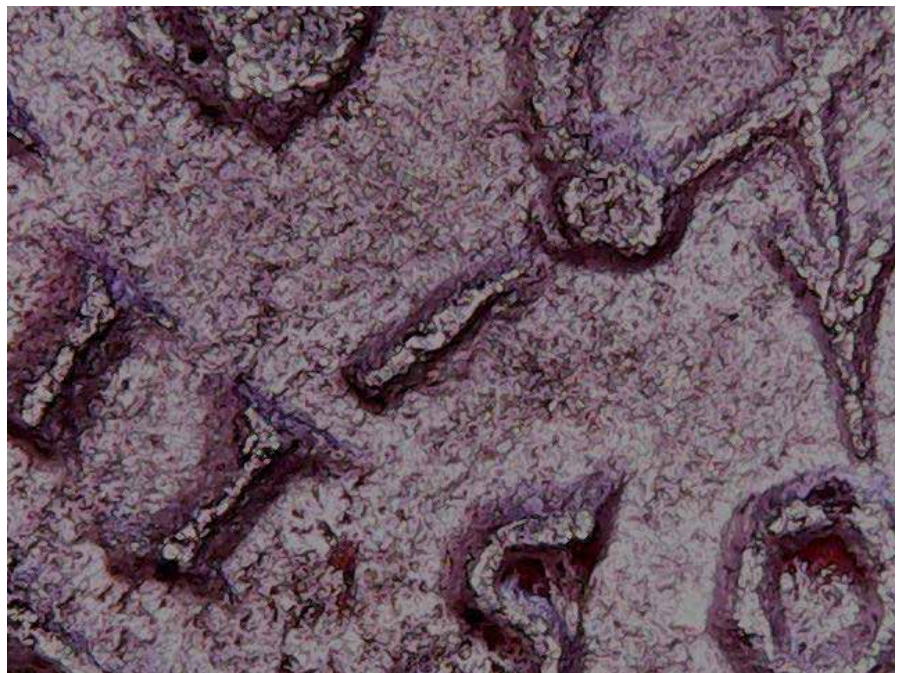
Observación con aumento: Estereomicroscopio o lupa binocular

El primer instrumental que se puede utilizar es aquel que permita potenciar la capacidad de visualización del ojo, y uno muy recomendable, por su gran profundidad de campo y por tratarse de un instrumento relativamente accesible es el estereomicroscopio o lupa binocular. El mismo podrá ayudar a determinar manipulaciones en la pieza en estudio, y en algunos casos incluso, características de piezas falsificadas, al observar granulaciones propias de piezas fundidas por microfusión (Compañía Prieto, 2012, p. 206) o denarios forrados. También será útil para observar características de piezas acuñadas, como puede ser la homogeneidad en superficie tanto en relieve como campos, presencia de grietas, estriado del golpe del cuño, etc.

No obstante, en este punto el perito debe ser bastante prudente y evitar realizar tempranas valoraciones, ya que en realidad, estas características pocas veces podrán dar certeza sobre la calidad de una pieza. El desgaste del relieve por ejemplo no debe inmediatamente relacionarse con la fricción que un falsario pudo haber realizado sobre la superficie para erradicar el aspecto granulado de una fundición, ya que las piezas auténticas suelen sufrir desgastes naturales. Aquí debe apreciarse la uniformidad del desgaste de la pieza, y confirmar mediante otros estudios si realmente podría tratarse de un desgaste propio de una técnica de fundición o por el paso del tiempo (Muñiz García, 2014, p. 14).

El canto muchas veces puede delatar una falsificación si sobre éste quedan rastros de la costura o del limado del mismo para su ocultamiento, propio de los métodos de fundición. Habrá que analizar si el desgaste es realmente por fricción con observación con aumento.

Aquí también será importante analizar y reconocer, de haberlos, errores y defectos del proceso de acuñación, recordando que si se encuentran errores de diseño, propios del cuño, es probable que la pieza esté mal clasificada y no sea de la ceca de Roma, o se trate de una falsificación antigua, o, aunque un tanto burdo y menos probable, indique en realidad que se trata de una falsificación moderna por acuñación a través de nuevos cuños [ver: *Posibles errores y defectos en el proceso de acuñación*].



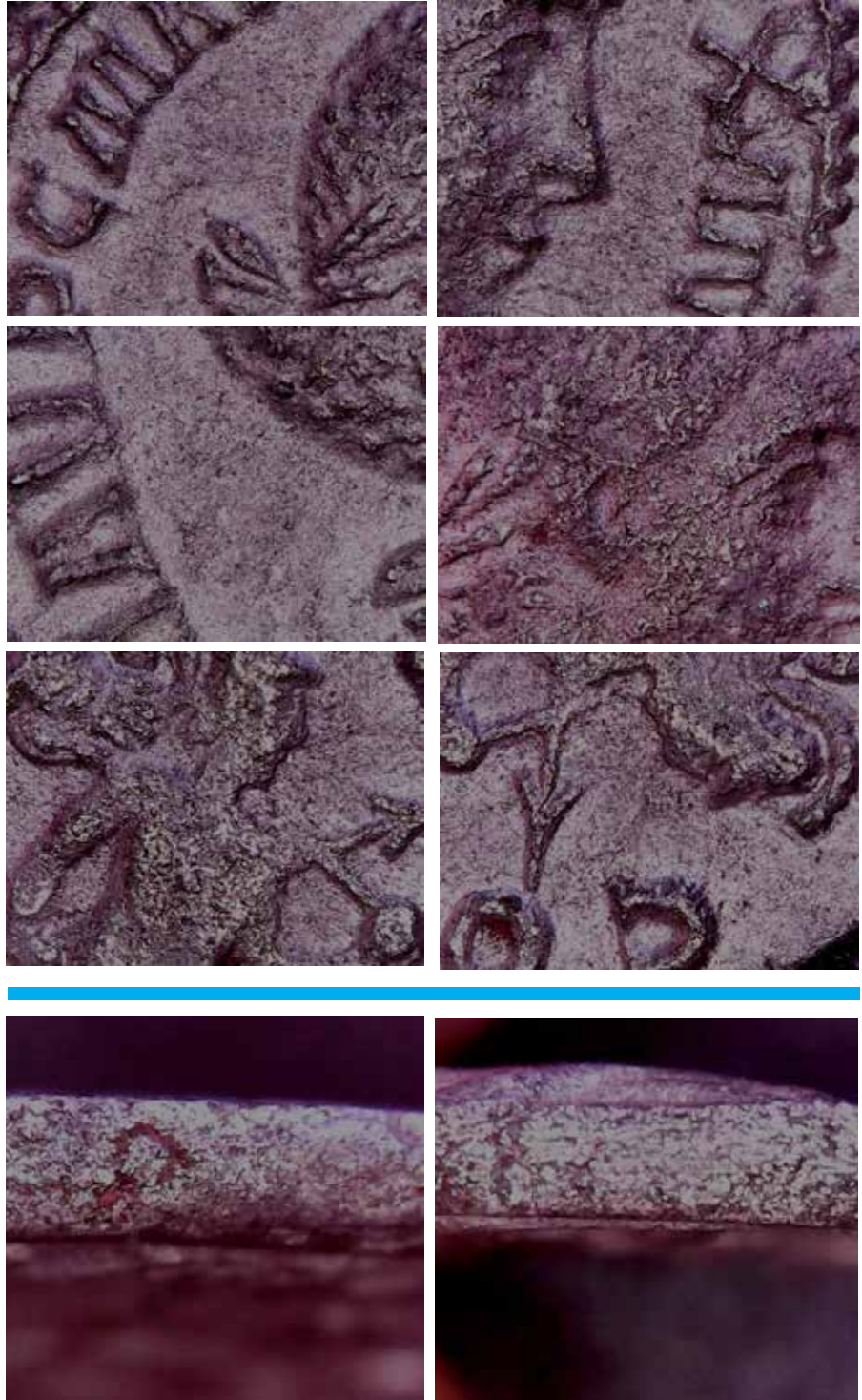


Fig. 18. Arriba: Observación aumentada de la superficie de 4 sectores del anverso (imagen 1, 2, 3 y 4); Al medio: Observación aumentada de 3 sectores del reverso (imagen 5, 6 y 7) de pieza cuestionada; Abajo: observación aumentada de dos sectores del canto de la pieza (imagen 8 y 9). Fuente: Autor

Tanto con observación directa como aumentada no se hallaron elementos visibles como granulación (aunque sí se observa zonas con cierta porosidad irregular), costura por unión de moldes o posibles maniobras de remoción de la misma a lo largo del canto, relieves suavizados o nódulos que hagan sospechar que la pieza haya sido realizada a través de un proceso por fundición. Tampoco se han hallado elementos que permitan sospechar la presencia de maniobras de adulteración o de forrados (delaminados).

Peso⁹

En las monedas contemporáneas, encontrar una diferencia de peso superior al 5 % (Muñiz García, 2014, p. 5) e incluso al 3.5 % (Silveyra-Lozano, 2001, p. 122) indicaría prácticamente una clara prueba de falsedad. Pero como se ha visto, en el caso de las monedas antiguas, la variación de pesos de las auténticas es superior, por lo que el rango de tolerancia del peso debe ser también mayor.

Con una balanza de precisión de 0.01 g. será suficiente para pesar la pieza dubitada, y comparar su resultado con los valores de referencia de auténticas que brindan catálogos y reportes de hallazgos. Solía ser el mejor indicador para determinar falsificaciones principalmente en denominaciones en metales preciosos, pero últimamente se han dado casos de falsas con pesos muy cercanos a los valores esperados (Muñiz García, 2014, p. 15).

Es necesario aclarar que si la pieza cuestionada se encuentra cercenada, no podrá tenerse en cuenta este estudio ya que el peso será más reducido a los parámetros establecidos.

Se procede en primer lugar a elaborar una tabla de pesos obtenidos sobre 42 denarios de Severo Alejandro de la ceca de Roma, en donde se destacan en rojo los valores mínimos y máximos hallados (ver tabla 4).

9 Cabe aclarar que la determinación de tanto peso como módulo en las monedas es también de interés para la numismática a los fines de establecer la denominación.

10 Es importante señalar que existen piezas que no cumplen con los valores en pesos esperados, y sin embargo, parecen ser auténticas. La señalada en verde es un claro ejemplo: se trata de una pieza perteneciente a la colección de este autor, que no parece tener signos de falsedad, pero dado que su peso es sumamente inferior al resto de piezas (casi el 50% de diferencia del peso teórico), se ha optado por descartar este valor de la estadística. Es por esto que los valores de las piezas deben considerarse dentro de un rango "esperado", no debiendo realizar tempranas deducciones sobre su autenticidad o falsedad basadas únicamente en el peso de la pieza en cuestión.

11 Información extraída de: acsearch.info (y catálogos de casas de subasta adheridos al sistema), ebay.com, [VCoins](http://VCoins.com) y colección del autor. En todos los casos, se recolectó información de denarios imperiales de la ceca de Roma de Severo Alejandro, siendo piezas visiblemente completas (sin recortes, ni fracciones de ellas).

Denarios de Severo Alejandro					
3.32	2.46	3.30	1.80 ¹⁰	2.31	2.35
2.93	3.17	3.53	3.03	2.85	3.61
3.05	2.66	2.50	2.47	2.61	3.46
2.99	2.77	2.93	3.17	2.71	2.35
2.92	3.08	2.88	2.14	3.10	2.06
3.41	2.91	3.31	3.03	3.00	3.33
2.52	3.10	3.03	3.20	3.43	2.92

Tabla 4: Pesos en gramos de 42 denarios de Severo Alejandro¹¹

A continuación, y considerando lo establecido en el apartado Metrología y Sistemas de Pesos, y los datos aportados en la tabla 4, se elabora una nueva tabla (ver tabla 5) con la que se podrá cotejar el peso obtenido en gramos de la pieza dubitada a fin de determinar si la misma se encuentra dentro de los valores esperados.

Denarios de Severo Alejandro	Peso (en g.)
Estándar teórico	3.4
Valor máximo	3.61
Valor mínimo	2.06
Valor promedio	≈ 2.90
% Diferencia esperada ¹²	hasta 40%
Peso moneda dubitada	2.85
% Diferencia dubitada	16% - dentro de lo esperado

Tabla 5: Resumen del análisis de pesos de denarios de Severo Alejandro, comparado con la información obtenida del dubitado.

El peso de la moneda cuestionada se encuentra dentro de los valores estadísticamente esperados, teniendo en cuenta el peso de monedas auténticas del mismo emperador.

Prueba de Sonido “Ring Test”

Quienes poseen bastante experiencia clasificando piezas arqueológicas sostienen¹³ que las monedas antiguas de plata, al resistir el paso del tiempo, pasan por un proceso de cristalización, en donde quedan cavidades intergranulares que producen, cuando son golpeadas, un sonido de tintineo especial que no coincide con el sonido que producen las falsas de reciente data. Las piezas fundidas, microfundidas o por electrotipo en plata sonarán además más “sordo” o “hueco”, a diferencia de las auténticas, que será un sonido más largo y fino.

Por supuesto esta prueba es subjetiva, ya que no todos los individuos tenemos las mismas capacidades auditivas innatas ni adquiridas. No obstante, si este mismo sonido fuese captado por un determinado hardware y graficado por un software a fin de ser comparado, estaríamos ante una prueba científica. Para llevar a cabo este estudio, sería necesario contar primero con muestra indubitable (en este caso, monedas consideradas auténticas) que formen el patrón de comparación. Se deberá establecer un procedimiento cuyos parámetros físicos puedan repetirse y sean idénticos para todas las muestras al momento de realizar el ensayo, cuando

¹² Respecto el valor estándar teórico

¹³ Consultado a través de intercambios de emails con Benjamín Muñiz, autor de varios artículos aquí citados sobre la cuestión

se realicen las grabaciones, en donde se podría incluir: mismo recinto, soporte sobre el que se realice el repiqueteo u objeto con el cual se golpee la pieza, y equipamiento utilizado (micrófono calibrado) a fin de que no se produzcan variantes tecnológicas o posibles modificaciones en la frecuencia de sonido¹⁴. En caso de existir similitud de características en las piezas comparadas (tamaño, composición y proporción metálica, peso, etc.), los gráficos presentarán similares picos espectrográficos, y se podría concluir que, considerando que las frecuencias básicas y armónicas halladas en el análisis espectral son coincidentes, se tratarían de las mismas piezas, y por lo tanto, la dubitada sería auténtica. Pero si los gráficos no coinciden, estaría significando que las características físicas de ambas piezas son disímiles, al no ajustarse la pieza dubitada al patrón establecido por el material indubitado, determinándose así que la pieza es falsa.

El estudio comparativo a través del análisis espectrográfico podría ser una alternativa muy útil para brindar información cotejable sin dañar las piezas. El problema que surgiría en este estudio, es el mismo que se presenta con otras técnicas: la variabilidad de las propias características de las muestras indubitadas. Al realizarse de manera artesanal, elementos como tamaño y peso no se mantienen estables en todas las emisiones, lo cual impediría que este método resulte efectivo en monedas antiguas.

Pátinas y tonos

Los metales utilizados para la manufacturación de moneda en la antigüedad, con excepción del oro¹⁵ y algunas veces la plata¹⁶ (ambos metales nobles), se hallaban en la naturaleza en forma mineral. Los mismos eran tratados con calor para convertirlos de minerales a metales a fin de que puedan ser maleables, es decir, fundidos para adquirir diversas formas, pero cuando estas piezas toman contacto con agentes externos, tienden a volver a su forma mineral como fue extraída. De este modo adquieren pátina, que es la oxidación o remineralización de la superficie de las piezas en contacto con agentes como el aire o la tierra. Las características de las mismas (color, textura, grosor, brillo) dependerán de una gran variedad de factores, tanto del tipo de metal y aleación, el contexto de su depósito (humedad, tipo de terreno, salinidad), y la antigüedad, es decir, el tiempo de exposición a dichos factores. El cobre y bronce por ejemplo, al contacto con el aire y humedad, desarrollan en poco tiempo una coloración (“tono”) amarronado (Salgado, 2007, p. 148), pero las piezas arqueológicas desarrollan una pátina mineral de mayor grosor, que puede ser de color rojo (por la formación de cuprita u óxido cuproso), aunque más comúnmente negro o gris (óxido cúprico), o verde intenso (como malaquita) e incluso azul (por la formación de azurita, muy común en depósitos mortuorios por el contacto con cuerpos en descomposición, denominado también “pátina cadavérica”).

Por su parte la plata no formará pátina como sí lo hacen los sestercios, dupondios y ases (todos ellos conformados por aleaciones de cobre). Lo que puede ocurrir, y que no es infrecuente, es que su superficie adquiera una leve tonalidad gris oscura, como una especie de película fina. A través del uso de diferentes ácidos es posible colorear la superficie de piezas de plata y cobre y sus aleaciones, generando lo que se denomina comúnmente “tono” para el primer caso, y “pátina” para el segundo. El típico tono oscuro que adquiere la plata con el tiempo, denominado comúnmente “plata oxidada”, se puede obtener con sulfuro potásico y vinagre o 25 g. de sulfuro potásico y 10 de carbonato de amoníaco y un litro de agua. El mismo tono pero en piezas de cobre puede obtenerse sumergiendo la pieza repetidas veces en una solución de una parte de nitrato de cobre con 3 partes de alcohol de 96°.

¹⁴ Consultado con el Lic. Omar José Gonzalez, perito en imagen y sonido

¹⁵ Se halla naturalmente en forma metálica

¹⁶ Puede hallarse tanto en forma metálica como mineral, aunque sumamente raro, denominado “plata nativa” (Salgado, 2007, p. 148)

Las sales de plata permanecen incoloras ante ácidos también incoloros, pero ante la presencia de luz, las mismas ennegrecen. Por lo tanto, para lograr este tono oscuro en la plata basta con colocar las piezas en contacto con un sulfuro, con vapor de azufre, ácido sulfhídrico o cloruros para formar esta película de "óxido"¹⁷. La pieza de plata se sumerge en solución de sulfuro o cloruro en agua destilada hirviendo, y al cabo de pocos segundos se retira, observando que ahora estará recubierto de una película azul-negro mate (Hiscox y Hopkins, 2007, p. 769). También se puede realizar frotando la pieza en nitrato de plata, o realizar un preparado con azufre en polvo y querosén, que luego de prepararlo se pincela totalmente o en algunas zonas desprovistas de tono sobre la pieza, obteniendo un tono similar a los que consiguen con el tiempo y exposición las piezas arqueológicas de plata.

Siendo esta oxidación superficial de la plata un tanto sencillo de reproducir para un falsificador experimentado, no será un elemento de análisis la corrosión existente (de haberla) en la superficie de una moneda de plata como lo es el denario cuestionado, que de por sí, considerando su coloración superficial, no parece haber formado el denominado "tono".

Módulo (diámetro y espesor)

Este análisis es muy importante en monedas modernas, pero en el tipo de monedas en estudio sólo es un dato más, ya que los módulos como se ha visto de las auténticas suelen variar, principalmente en aquellas denominaciones en AE, que poseen incluso una forma muy irregular. Se puede medir el módulo a través de un calibre y determinar si coincide o no con los parámetros de las auténticas, pero será más útil en aquellas acuñadas en metales nobles. El promedio de diámetros de los denarios para Severo Alejandro oscila los 18-20 mm., los áureos los 18-21 mm., los sestercios de 28 a 31 mm. y los dupondios y ases de 23 a 26 mm.¹⁸

Lo mismo sucede con el espesor de las piezas, a lo que se le suma las diferencias en relieves producidas por los diseños acuñados. Si bien es aún más variable y difícil de establecer, por lo general el espesor de los áureos ronda los 3 mm., los denarios los 2 mm., y los sestercios, dupondios y ases los 3-4 mm.¹⁹

En el caso de la pieza cuestionada, al poseer una forma similar a un óvalo, se estableció dos diámetros: uno mayor, de 20 mm., y uno menor de 17 mm. Posteriormente, a través de un calibre se estableció que su espesor²⁰ es de aproximadamente 2 mm. Todos estos valores se encuentran dentro de los estadísticamente esperados.

¹⁷ En realidad, debería llamarse sulfuro o cloruro

¹⁸ Pero éstos últimos de formas muy variables, y cuyo real módulo a veces es difícil de establecer.

¹⁹ Estos datos aproximados fueron extraídos de <http://www.imperio-numismatico.com/t7556-tabla-para-identificar-monedas-imperiales>. Se trata por lo general de un dato poco utilizado en las clasificaciones numismáticas.

²⁰ Tomando las zonas visiblemente de mayor espesor.



Fig. 19. Determinación de módulo y espesor mediante testigo métrico milimetrado bidimensional y calibre, respectivamente. Fuente: Autor

Imantación o Atracción magnética

Uno de los procesos de extracción física de metales es aprovechar las propiedades magnéticas de ciertos minerales, ya que existen metales ferromagnéticos que son fuertemente atraídos por imanes. El hecho de que una moneda posea atracción al imán nos indica que posee componentes tales como hierro y cobalto, en considerable proporción (Chang, 2002, p. 813). Como se ha visto (Ver Metalurgia y Nomenclatura) no son componentes metálicos frecuentes en la moneda antigua, y en aquellas denominaciones en metal noble prácticamente es inexistente, por lo tanto, que una pieza cuestionada posea atracción puede llegar a indicar que fue realizada con gran proporción de metales ferromagnéticos, y por lo tanto, estar ante una pieza falsa del tipo más burdo (principalmente, en denominaciones en plata).

Utilizando un aplicador magnético para huellas latentes, se aproximó su extremo (el cual posee un potente imán) a la moneda cuestionada, no presentando atracción alguna, por lo que se considera que no posee elementos tales como Fe o Co en gran proporción como parte de su composición.



Fig. 20. Pincel magnético sobre la pieza dubitada. Fuente: Autor

Determinación de la aleación

Si bien se han propuesto en los últimos años algunas técnicas que podrían datar metales antiguos de manera absoluta, como es el caso del isótopo 226-Radio (Liritzis, 2006), hasta el momento sobre monedas antiguas sólo se ha recurrido a técnicas analíticas que proporcionen información intrínseca susceptible de comparación, para obtener una edad relativa de las piezas en cuestión. Determinar cualitativa y cuantitativamente los metales que componen la pieza puede brindar una valiosísima información, que podría incluso descartar por sí mismo su autenticidad. Para ello existen diferentes métodos, tanto destructivos como no destructivos. En todos los casos, la forma en que se debe proceder a realizar los estudios arqueométricos sobre estas piezas será la misma, independientemente de su período o civilización, ya que el tipo de información que se pretende obtener es, a grandes rasgos, la misma.

El empleo de técnicas analíticas para el estudio de composiciones metálicas tienen y tuvieron por fin obtener información acerca del contexto económico del período, estableciendo la devaluación de la moneda a través de la reducción paulatina en el tiempo del metal noble principal (oro, y

21 Aquello que no es propio de la época de la que se trata (RAE, 2001). Es el mismo principio en el que se fundamenta en la actualidad las determinaciones de la edad de las tintas en las pericias documentológicas.

22 La técnica proporciona información acerca de cómo se distribuyen los componentes metálicos en la aleación, y de este modo, orienta sobre cuál fue el proceso mecánico y térmico al que fue sometido (Compañía Prieto, 2012, p. 210). No obstante, esta técnica, que aporta una información distinta a otros métodos, que se limitan a identificar y cuantificar los metales presentes, consta de ciertos pasos dañinos, como cortes y ataques químicos, no siendo conveniente utilizarla ante material histórico.

Técnicas arqueométricas no destructivas

Espectrometría por Fluorescencia de Rayos X (XRF)

fundamentalmente plata), es decir, la ley de la especie monetaria emitida por el Imperio en un lapso de tiempo específico (Compañía Prieto, 2012, p. 201).

Un problema común que surge en el estudio de las composiciones es la gran heterogeneidad de cristales metálicos que presentan las piezas acuñadas, que dependen tanto de los metales empleados y su proporción en la aleación, como de los tratamientos que ha sido sometido en su preparación.

Existen otros métodos, como el de densidad relativa o los ensayos a la gota, que pretenden también establecer los metales presentes, pero debido a su falta de especificidad y sensibilidad, se procederá a utilizar métodos más confiables, como lo son los instrumentales.

Según las proporciones obtenidas, podremos encontrar componentes mayoritarios (aquellos que superan el 1% de la composición), que serán los metales principales dependiendo del tipo de denominación; componentes minoritarios (menores al 1% de la proporción), y componentes traza (menores al 0,1%), cuya identificación también será muy útil. Los exámenes antes descritos como la observación directa y el uso de instrumental con aumento como el estereomicroscopio pueden revelar características de su producción, pero no brindarán información sobre su composición. Se pretenderá obtener, por un lado, un informe cualitativo de metales presentes, a fin de determinar la existencia de elementos como contaminantes que no deberían estar presentes por no haber sido descubiertas y utilizadas en la época (anacronismo²¹), tales como Titanio, Cobalto, Platino, etc.; y por el otro, un informe cuantitativo del metal principal dependiendo la denominación: oro (en áureos), plata (en denarios) y cobre (monedas AE), que serán comparadas con lo que estadísticamente han brindado las auténticas. Se evitará el uso de técnicas que permitan la visualización de la estructura interna o microestructura de los metales, como lo son los estudios metalográficos, por ser necesariamente destructivas²².

Los métodos físico-químicos arqueométricos no destructivos son y han sido utilizados para determinar la composición metálica de las monedas y poder visualizar el gradual descenso de metal fino de las mismas, y así establecer la devaluación económica del momento histórico, ya que, a diferencia de nuestra moneda actual, en la antigüedad el valor de una moneda tenía directa relación con su valor intrínseco, es decir, su pureza en plata u oro. A través del uso de técnicas instrumentales analíticas se podrá determinar los metales presentes en composición y su proporción, para luego compararlos con los resultados de estudios de piezas indubitadas de misma época y ceca procedentes de tesoros reportados que no se duden de su autenticidad. Si bien son muchos los métodos no destructivos existentes, como pueden ser, Microscopía de Barrido Electrónico (SEM) con detector de Rayos X (EDX, WDX o EPMA), muy utilizado en Criminalística para la determinación de la molécula única de Pb-Ba-Sn en restos de deflagración de pólvora; Emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE), Análisis por Activación Neutrónica (NAA) y Protónica (PAA), entre otros, a continuación se hará hincapié en una técnica ampliamente utilizada sobre este tipo de material de estudio.

Una de las formas de análisis por rayos X que mejor recibimiento ha tenido por parte de los numismáticos, principalmente por tratarse de una técnica directa aplicada sobre el material sólido sin preparación previa, ha sido la Espectroscopía por Fluorescencia de Rayos X (XRF), basada en la estimulación de la muestra para inducir la emisión fluorescente de rayos X. El principio de este tipo de técnica se fundamenta de la siguiente manera: los átomos de los

elementos presentes en la muestra poseen una cantidad de electrones que es la misma que los protones en su núcleo. Estos electrones están dispuestos en capas en torno al núcleo y tienen una determinada energía, característica del elemento y de la capa. Si un estímulo (inducción de emisión de rayos X) logra arrancar un electrón interno, otro de la capa externa (que posee una energía mayor) ocupará su lugar, desprendiéndose una cantidad de energía igual a la diferencia entre los dos niveles en forma de rayos X (Compañía Prieto, 2012, p. 219), los cuales, siendo característicos de cada átomo, captarlos permitirá tanto identificar como cuantificar los elementos presentes en la muestra. Existen diversos métodos que varían en la forma de inducir la emisión de rayos X como de captarla, pero la más común y principalmente usada en este tipo de objetos es la Espectroscopía por Fluorescencia de Rayos X, con la que se produce la estimulación con un haz de rayos X, y para la captación de la radiación emitida por la muestra se puede utilizar detectores EDXRF y WDXRF, siendo la de mayor resolución, sensibilidad²³ y, por supuesto, costo, la segunda, que lo convierte en una de las técnicas más empleadas, junto a SEM-EDX (Compañía Prieto, 2012, p. 220).

Los equipos que se utilizan para este modo de análisis son muy versátiles, pueden ser operados por personal no necesariamente técnico, y tienen un costo de aproximadamente un 20% del de un espectrómetro por longitud de onda (Sayles, 2001, p. 103).

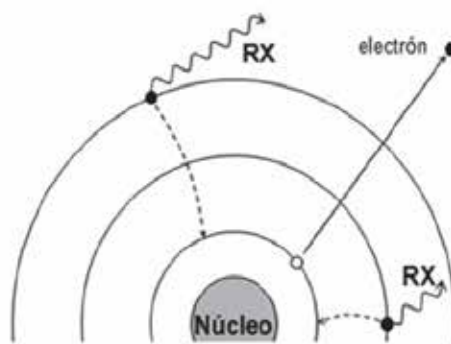


Figura 11. Mecanismo de la fluorescencia de rayos-X.

Fig. 21. Mecanismo de fluorescencia de rayos X. Fuente: Compañía Prieto, 2012, p. 219

Si bien algunas fuentes (Muñiz García, 2014, p.17) aseguran que las pátinas pueden llegar a entorpecer este estudio, expertos²⁴ afirman que no han tenido inconvenientes cuando en el estudio se interponían gruesas pátinas. De todos modos, el presente estudio se realizará sobre monedas de plata, las cuales no forman pátinas como si lo hacen aquellas de metales no nobles. Muchas son las instituciones que utilizan microscopios de barrido electrónico para proyectos numismáticos, aunque principalmente se han realizado en países europeos y en EEUU. Estos grupos han analizado cientos de ejemplares de oro, plata y bronce de diferentes civilizaciones, con detectores EDXRF. El Museo Británico, por ejemplo, tiene su propio laboratorio de investigación que cuenta con XRF (Sayles, 2001, p. 104).

Esta práctica no sólo está limitada a instituciones académicas: existen laboratorios que cuentan con esta tecnología y que ofrecen a quien posea interés de forma comercial a realizar análisis por EDXRF a objetos antiguos, incluyendo monedas arqueológicas, a precios relativamente accesibles. El verdadero inconveniente con estos estudios, en realidad, no está en el costo de realización, ya

²³ Cerca del 0,01 % (Compañía Prieto, 2012, p. 220)

²⁴ Según Eduardo Fernandez, desde su experiencia utilizando el instrumento, expresado en los intercambios de emails

que estudios por SEM o XRF son relativamente accesibles, sino que está en la interpretación de los resultados que brinda el instrumento, que resulta difícil y muchas veces llevan a dictámenes erróneos.

Además, el análisis que realizan estas técnicas son superficiales, ya que si bien atraviesan fácilmente capas de elementos ligeros como pátinas, las emisiones de rayos X se atenúan con rapidez (la señal emitida del interior de la muestra no llega al exterior a ser captada por los detectores). Se estima que en una moneda puede llegar a penetrar unos 100 micrómetros (0,1 µm) (Compañía Prieto, 2012, p. 220). No permitiría por ejemplo, estudiar el núcleo de la pieza, y así determinar enchapados y forrados.

Resultados obtenidos de réplicas de piezas pertenecientes al siglo III d.C.

Antes de analizar mediante XRF a la pieza cuestionada, se procedió a realizar el ensayo²⁵ sobre piezas de conocida falsedad moderna del período cercano a la moneda de Severo Alejandro y analizar sus resultados a fin de establecer un patrón de posibles metales que revelen información sobre la verdadera época de realización de la pieza.

	Ag	Cu	Si	Al	S	Pb	K	I	Sn	Sb	Nb
Falsa 1.56 g.	-	1,3	1,8	0,21	0,48	0,12	0,26	18,4	68	7,4	0,07

Tabla 6. Resultados obtenidos por XRF de pieza falsa moderna de Septimio Severo. Fuente: Autor

En el primer caso (ver tabla 6), se trata de una muy burda réplica de un denario de Septimio Severo realizada por Westair Reproductions Limited, cuyo peso es mucho menor al promedio, pero además, no posee los metales que debieran estar presentes en su composición: utilizaron estaño en cantidad para simular la plata superficial, y ninguna proporción de plata real. Asimismo, se hallaron metales que no debieran estar presentes por anacronismo, como Niobio (descubierto en el siglo XIX). No obstante, en la segunda réplica (ver tabla 7) no se halló el mismo panorama. Se trata de una imitación por microfusión de Remoneda, de un antoniniano de Gordiano III, el cual no sólo es visualmente de mejor calidad, sino también cumple a grandes rasgos cualitativamente con los elementos que debieran estar presentes. Se procede a comparar 5 piezas consideradas auténticas con la falsa de mismo emperador:

Elem.	Ag	Cu	Si	Al	S	Pb	Ca	K	I	Ni	Fe	Au
Aut 1 4.58 g	66	30	1,4	0,58	0,24	0,08	-	-	-	-	-	-
Aut 2 4.72 g	41	54	0,7	0,46	0,31	0,14	0,44	0,15	-	0,18	-	-
Aut 3 3.80 g	64	25	0,55	-	0,21	0,46	6,6	0,39	1,2	-	-	-
Aut 4 3.03 g	72	22	1,1	0,22	0,2	0,24	0,52	-	2,0	-	-	-
Aut 5 3.05 g	91	3,6	1,6	0,8	0,42	0,10	1,2	-	-	-	0,78	0,18
Falsa 3.61 g	86	6,7	2,1	0,76	0,45	-	1,84	0,3	-	-	0,4	-

Tabla 7. Resultados obtenidos con XRF semi-cuantitativa para 5 piezas auténticas de Gordiano III, y una pieza falsa microfundida moderna de mismo emperador, denominación (antoniniano) y ceca (Roma). Fuente: Autor.

²⁵ Ensayos realizados a través de Rodrigo Alvarez en el Laboratorio de Especies Cristalinas del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).



Fig. 22. Anverso de la primera réplica analizada de calidad inferior (izquierda) y anverso de la pieza microfundida analizada de calidad superior (derecha). Fuente: Autor

En base a los resultados obtenidos sobre las falsas conocidas y la información provista por los pocos estudios publicados²⁶ y opiniones de profesionales, se podrá cotejar los resultados que revele la pieza dubitada de Severo Alejandro con la información de tabla 8.

²⁶ Ver apartado "Metrología y sistema de pesos".

²⁷ Consultado con Benjamín Muñiz, Eduardo Fernandez y José M. Compañía Prieto a través de intercambios de emails. La detección de estos metales en cantidades mínimas y traza dependerá, por supuesto, de la calidad de resolución de las técnicas empleadas.

²⁸ Si bien se trata de un metal moderno, parece ser un común contaminante hallado en piezas antiguas.

²⁹ Y por lo tanto, deberán generar al menos sospecha, aún más si se encuentran en grandes proporciones.

³⁰ Elementos descubiertos y aislados a partir de 1700 d.C.

³¹ Se debe tener en cuenta que las proporciones obtenidas a través de XRF son semicuantitativos, siendo la proporción un dato estimativo.

Composición de los denarios del período	50-40% plata total/núcleo Porcentaje mayor (¿90%?) en superficie
Posibles metales a encontrar como contaminantes de la antigüedad en proporciones mínimas o traza ²⁷	Oro (ppalmente en AR), Hierro y Estaño (en AE), Plata (en AE), Azufre, Mercurio (ppalmente en AV), Plomo, Aluminio ²⁸
Posibles metales a encontrar como contaminantes modernos en proporciones mínimas o traza ²⁹	Platino, Cromo, Titanio, Cobalto, Cadmio, Niobio ³⁰

Tabla 8. Resumen de posibles composiciones metálicas a encontrar en denarios. Fuente: Autor. Ensayo de la pieza cuestionada con XRF (ver tabla 9)

Elem.	Ag	Cu	Si	S	Pb	I
Dubitada ³¹	53	43	1,4	0,18	0,43	1,4

Tabla 9. Resultados obtenidos a través de XRF sobre la moneda de Severo Alejandro dubitada. Fuente: Autor.

Análisis de los resultados obtenidos

El módulo y peso siguen siendo elementos de análisis importantes a la hora de la determinación, pero no concluyentes como sí lo son en el estudio de monedas modernas.

Asimismo, la pieza ha podido ser correctamente identificada y clasificada por las disciplinas numismáticas, correspondiendo a un corpus monetario definido y concreto.

La observación aumentada permitió establecer que la misma carece de los típicos elementos visibles de falsificación por fundición (granulación en superficie, costura en canto, nódulos, etc.), aunque al mismo tiempo no advirtió elementos que podrían hallarse en una acuñación.

La moneda de Severo no tuvo atracción al imán, indicando falta de hierro o cobalto en su composición, que posteriormente fue confirmado mediante métodos analíticos. Los ensayos mediante XRF no son tan superficiales como se creía³²: la muestra respondió con proporciones cercanas a las que debiera contener en el núcleo (53% plata y 43% cobre). Asimismo, no se han encontrado contaminantes en cantidades mínimas o traza que por anacronismo no debieran estar presentes, y que hubiesen indicado falsedad, como lo fue el descubrimiento de Niobio o metales en proporciones inadecuadas en el citado caso de la falsificación burda de Septimio Severo.

Identificación numismática	Identificada correctamente
Observación simple y aumentada	Sin rastros de métodos distintos al de acuñación
Peso	Acorde a lo esperado
Módulo y espesor	Acorde a lo esperado
Imantación	Sin señales de presencia de Fe
Elementos en composición	Sin metales modernos
Proporción metálica	Dentro de lo esperado en núcleo

Tabla 10. Resumen de los resultados obtenidos. Fuente: Autor

Conclusión

La pieza dubitada no posee elementos que permitan considerarla falsa. No obstante, y aun teniendo en cuenta el nivel de profundidad de análisis alcanzado, no se está en condiciones de asegurar su autenticidad. La posibilidad de realizar una copia que supere todos los estudios existentes y sea considerada auténtica existe: teniendo el suficiente conocimiento estilístico, numismático y químico (elementos y proporciones metálicas), podría recrearse una moneda (actual) con las mismas características que las antiguas, especialmente sobre denominaciones en metales nobles (oro y plata). Sin embargo, alcanzar este objetivo dependerá de la capacidad y conocimiento del falsificador sobre el material genuino, ya que coincidir con las auténticas en todos los aspectos parece ser un verdadero desafío. Por ello será importante a la hora de dictaminar falsedad el estudio pormenorizado de todos los elementos, combinando conocimientos tanto numismáticos como forenses.

Ha quedado demostrado que existen elementos que podrían indicar certeza de falsedad o al menos que la pieza está mal clasificada: encontrar una pieza exactamente idéntica, elementos que observados en forma aumentada indiquen la posibilidad de que fue realizado a través de un método distinto al de acuñación; pesos y medidas fuera de los valores esperados, composiciones metálicas que no corresponden, son elementos que, en su conjunto e incluso en algunos casos

³² O la proporción metálica esperada en superficie a veces puede ser la misma que la del núcleo. De todos modos, el análisis semicuantitativo mediante XRF sobre la superficie de la pieza de forma directa (sin tratamiento previo) debe considerarse como un dato aproximado, y no definitivo.

aisladamente (por ejemplo, metales presentes), permitiría la identificación categórica de una falsificación. A través del análisis de dichos elementos solo se podrá establecer fehacientemente falsedad, pero no por el momento certeza de autenticidad, solamente probabilidad, estando en condiciones al realizar una pericia de este tipo de brindar solo dos tipos de dictámenes:

“La pieza cuestionada es falsa” (certeza de falsedad)

“No se hallaron elementos que nos permitan determinar que la pieza en cuestión sea falsa” (probabilidad de autenticidad)

Hasta el momento, no existe un método directo que permita datar las piezas numismáticas, pero sí un gran abanico de técnicas analíticas capaces de brindar información cuali-cuantitativa de los elementos metálicos constitutivos, no solo para el período estudiado, sino para cualquier serie monetaria antigua. Pero la gran variabilidad de los propios aspectos de las piezas auténticas dificulta la posibilidad de lograr resultados categóricos acerca de la autenticidad de piezas dubitadas, volviéndose todos ellos orientativos y siendo verdaderamente útil ante resultados negativos y para descartar autenticidad. De hecho, acotando el material por período es, definitivamente, el modo correcto de proceder a realizar este tipo de estudios, puesto que la moneda antigua genuina presenta una gran variedad de características aun dentro de una misma serie monetaria. Deberán realizarse más estudios arqueometalúrgicos sobre piezas auténticas, en todos los períodos y denominaciones, a fin de obtener un registro detallado que brinde información sobre la composición metálica de piezas representativas de todas las series monetarias, cecas, civilizaciones, emperadores, a fin de tener elementos indubitados con qué comparar los cuestionados.

Si bien se optó por dividir la investigación del elemento cuestionado en dos partes, el estudio de las falsificaciones debe ser un trabajo interdisciplinario: expertos numismáticos y peritos deberán actuar de manera conjunta, combinando conocimientos en estilo e historia del arte con ciencia y tecnología. El primero, realizando una completa clasificación a fin de identificar correctamente la pieza en estudio, ubicándola en una determinada serie monetaria con métodos propios de su disciplina; el segundo, y una vez confirmado el trabajo del primero, aplicando técnicas científicas que permitan revelar información cotejable con piezas auténticas. La necesidad de expertos especializados se evidencia más en este tipo de objetos, y cuanto más reducida y delimitada sea el área de estudio, menos probabilidades habrá de equivocaciones. Este estudio permitió el acercamiento de dos ciencias de aplicación muy distinta, para el cumplimiento de un objetivo común: la determinación de falsificaciones modernas de monedas antiguas, abriendo un nuevo campo de investigación.

La problemática legal será otra cuestión que debe ser tenida en cuenta para las falsificaciones arqueológicas. En Argentina, este vacío legal podría ser completado con penar la actividad de falsificar, proponiendo una modificación de los arts. 284-285 u obligando a quienes realizan réplicas a marcar sus trabajos, como sucede en Estados Unidos.

Independientemente de los métodos aquí propuestos, será muy importante continuar con la creación y actualización de registros y bases de datos de cuños y piezas falsas, a fin de mantenerse actualizado en lo que respecta a la detección de falsificadores y sus productos, ya que, desde el inicio y principalmente en el último siglo, ellos también se han ido formando, aprendiendo constantemente de sus errores pasados, volviendo a sus trabajos, reflejo del perfeccionamiento que han recibido, complicando aún más a los coleccionistas con el incremento en la calidad de

sus falsificaciones. Es por ello que la tarea del perito de analizar y detectar estas piezas debe estar acompañada de la publicación de su trabajo, casi como un deber ético de su profesión. Siempre la mejor forma de prevenirse de adquirir falsificaciones será evitar comprar a falsificadores conocidos.

Agradecimientos

A mi amigo numismático **Ricardo Veltri**, por su ayuda en el desarrollo de la introducción del sistema monetario romano. También a mi amigo **Ulises Gardoni Jauregui**, quien revisó la primera investigación sobre esta cuestión, presentada para la tesina de Licenciatura.

A **Rodrigo Alvarez** del Laboratorio de Especies Cristalinas del INTI, quien con su valiosísima ayuda y conocimientos me permitieron realizar los ensayos a través de XRF.

A **Wayne Sayles**, por los intercambios de emails en donde quedó evidenciada la gran experiencia de este experto numismático, y por responder mis inquietudes surgidas luego de estudiar su libro "Classical Deceptions".

A **Eduardo Fernandez**, representante de NUMMETRICA, quien me brindó su ayuda desde su vasta experiencia realizando análisis químicos sobre piezas numismáticas.

A **Damián Salgado**, por todos los años en que fue mi profesor en CONICET en materia de numismática científica, quien me introdujo en este apasionante mundo del estudio de monedas arqueológicas.

Al **Dr. José Manuel Compañía Prieto**, por toda la información que me ha podido brindar acerca de técnicas analíticas aplicables a la arqueometalúrgica.

A **Benjamín García Muñiz**, por su predisposición y constante ayuda en diferentes temas referidos a la detección de falsificaciones tanto modernas como antiguas.

A **Manuel Pina**, creador de Tesorillo.com, quien me brindó detallada información acerca de los errores y defectos comunes de los métodos antiguos de producción.

Y por supuesto, a mi director de tesina **Eduardo Legaspe**, quien me guio para la preparación y defensa de la tesina, de la cual deriva la presente investigación.

Bibliografía

- ALVAREZ, D. (2017). El método scopométrico aplicado a la moneda metálica. Revista Skopein, XV, pp. 6-19.
- BLAND, R. (1996). The development of gold and silver coin denominations, AD 193-253; en King, Cathy E.; Wigg, David G. (1996) Coin Finds and Coin Use in the Roman World. The Thirteenth Oxford Symposium on Coinage and Monetary History, 25-27.3.1993. Berlin: Gebr. Mann Verlag, p. 63-100.
- BURNETT, A. (1987). Coinage in the Roman World. London: Seaby
- CALEY, E. R. (1964). Orichalcum and Related Ancient Alloys. Origin, Composition and Manufacture with Special Reference to the Coinage of the Roman Empire. Numismatic Notes and Monographs N° 151. New York: The American Numismatic Society

- CHANG, R. (2002). Química. 7ma Edición. México D.F.: McGraw-Hill
- COMPAÑA PRIETO, J. M. (2012). Técnicas instrumentales aplicadas a la metalurgia numismática. Posibilidades y limitaciones. Introducción a la historia monetaria de Galicia. (S. II a. C.-XVII d. C.), pp. 199-237. A Coruña: Labirinto de Paixóns, S.L.
- Falsificaciones, Reproducciones e Imitaciones de Monedas Antiguas (s.f.). Recuperado de: <http://www.imperio-numismatico.com/fake-coins-h49.htm>
- FERIA Y PEREZ, R. (2012). "El investigador ante la falsificación numismática". La Moneda: Investigación numismática y fuentes archivísticas. Encuentros Científicos de la Cátedra de Epigrafía y Numismática de la UCM. Madrid, pág. 356-388
- FRÁBEGA, C. T. (2011). ¿Es falso mi denario?, publicación online. Recuperado de <http://tesorillo.com/fakes/index.htm>
- HEAD, B. (1911). Historia Numorum. Oxford. Disponible en formato digital en: <http://snible.org/coins/hn/>
- HISCOX, G. D.; HOPKINS, A. A. (2007). Recetario Industrial. 2da edición. Barcelona: Ed. Gustavo Gili
- KLAWANS, Z. (1977). Imitations and Inventions of Roman Coins, Santa Mónica: SIN.
- LIRITZIS, I. (2006). The dating of ancient metals: review and a possible application of the 226Ra/230Th method (a tutorial). Mediterranean Archaeology & Archaeometry, 6(2), pp. 81-95.
- MATTINGLY, H. (1938). The Roman Imperial Coinage Vol. IV part. II, Macrinus to Pupienus. London: Spink.
- MONDIO, G. et al. (2009). Ancient Coins and their Modern Fakes: An attempt of physico-chemical unmasking. Mediterranean Archaeology and Archaeometry, 9 (2), pp. 15-28.
- MUÑIZ GARCÍA, B. (2014). La Moneda Falsa. Métodos de Falsificación y Cómo Detectarlos. Recuperado de: www.bencoins.com/falsificaciones.pdf
- MUÑIZ GARCÍA, B. (2015). Fabricación de la Moneda a través de los Tiempos. Recuperado de: www.bencoins.com/fabricacion-monedas.pdf
- PINA, Manuel (s.f.). Errores y Defectos en la Numismática Antigua. Recuperado de: <http://www.tesorillo.com/articulos/errores/errores.htm>
- PROKOPOV, I. et al. (2003). Modern Counterfeits and Replicas of Ancients greek and roman coins from Bulgaria (Vol. I). Sofia: Storyan Popov-Popeto (SP-P).
- SALGADO, D. (1997). Introducción a la colección de monedas griegas y romanas. Buenos Aires.
- SALGADO, D. (2008). Monedas Romanas. Tomo II/1: Dinastía de los Severos (193-235 d.C.). Buenos Aires: Letra Viva.
- SALGADO, D. (2009). Numismática: Concepto y metodología. Buenos Aires: Letraviva.
- SALGADO, D. (en preparación), Monedas romanas. El Imperio. Parte II: Los Emperadores Militares (235-268) y el Imperio Galo-Romano (260-274), manuscrito inédito.
- SAYLES, W. G. (2001). Classical Deceptions: Counterfeits, Forgeries and Reproductions of Ancient Coins. Iola (WI): Krause Publications
- SCHEIDEL, W. (2008). The monetary systems of the Han and Roman empires. Princeton/Stanford Working Papers in Classics, Stanford University.
- SEABY, H. A. (1982). Roman Silver Coins. Vol. III. Pertinax to Balbinus and Pupienus. London: Seaby
- SEAR, D. (2000). Volume I: The Republic and the Twelve Caesars, 280 BC - AD 96. London: Spink
- SILVEYRA, J. (2005). Peritajes Scopométricos. Buenos Aires: La Rocca.
- SILVEYRA, J.; LOZANO, S.; DÍAZ, O. (2001). Falsificación de Moneda. Buenos Aires: Editorial Policial.
- THURLOW, B. K.; VECCHI, I. G. (1979). Italian Cast Coinage, Italian Aes Grave and Italian Aes Rude, Signatum and The Aes Grave of Sicily. Dorchester: V. C. Vecchi and Sons
- WHARTON, G. (1984). Technical Examination of Renaissance Medals the Use of Laue Back Reflection X-Ray Diffraction to Identify Electroformed Reproductions. JAIC 23 (2), pp. 88-100. Recuperado de: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/jaic/articles/jaic23-02-002.html>