

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/377955371>

INFORME FINAL “Metales y minerales desconocidos en momias prehispánicas de la región de Ica” (English: Final Report "Unknown metals and minerals in prehispanic mummies from the Ic...

Technical Report · February 2024

DOI: 10.13140/RG.2.2.34682.47048

CITATIONS

0

READS

2,283

5 authors, including:



Joakim Jensen
University of Copenhagen

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE



INFORME FINAL

NOMBRE DEL PROYECTO:
“Metales y minerales desconocidos en momias prehispánicas de la región de Ica”

FECHA DEL INICIO DEL PROYECTO:
2022

DURACIÓN:
Un año

PERSONAL EJECUTANTE:

- Dr. Ing. Toribio Pando, Pedro Angel
- Dr. Ing. Rosales Huamani, Jimmy Aurelio
- Dr. Ing. Landauro Abanto, Alberto
- Dr. Ing. Valverde Espinoza, Santiago Gualberto
- MSC. Ing. Mauricio Perez, Felix
- MSC. Lic. Ily Marilu Maza Mejia
- MSC. Guerrero Villalba, Juan Carlos
- Dra. Cremer, Sabine
- Sullca Quispe, Kevin Josue
- Leon Colqui, Yelwins Anthony

JULIO, 2023

1 RESUMEN

Las momias tridáctilas de Nasca causan incertidumbre en el mundo científico desde 2016. Aunque es poco probable que los cuerpos sean objeto de falsificación, al menos según el conocimiento científico actual, los numerosos implantes metálicos siguen siendo desconcertantes. Su composición final se desconoce en detalle. Solo su análisis puede probar sin lugar a duda qué metales se usaron en la antigüedad y cómo. Además, los depósitos de rocas pueden proporcionar información sobre la medida en que probablemente se usaron ciertos minerales y metales en el área. Los posibles compuestos químicos que se encuentren más allá de esto también deben ser objeto de un extenso análisis científico antes de que los pseudocientíficos o ufólogos informen sobre el tema y ridiculicen el asunto.

En el presente informe de investigación se intentó presentar pruebas o indicios respecto a la naturaleza de las momias de tres dedos (tridáctilas) de Nasca, que luego pueden servir en última instancia para probar la veracidad de ellas o lo contrario, si los objetos son una nueva cualidad de falsificaciones de momias hechas con una técnica no conocida hasta la fecha.

Figura 1.

Rayos X de la momia Josefina, parte abdominal con huevos, a la derecha partes



del implante pectoral

Tomado de *Alien Project (GAIA)*.



2 INTRODUCCIÓN

2.1 Las momias tridáctilas

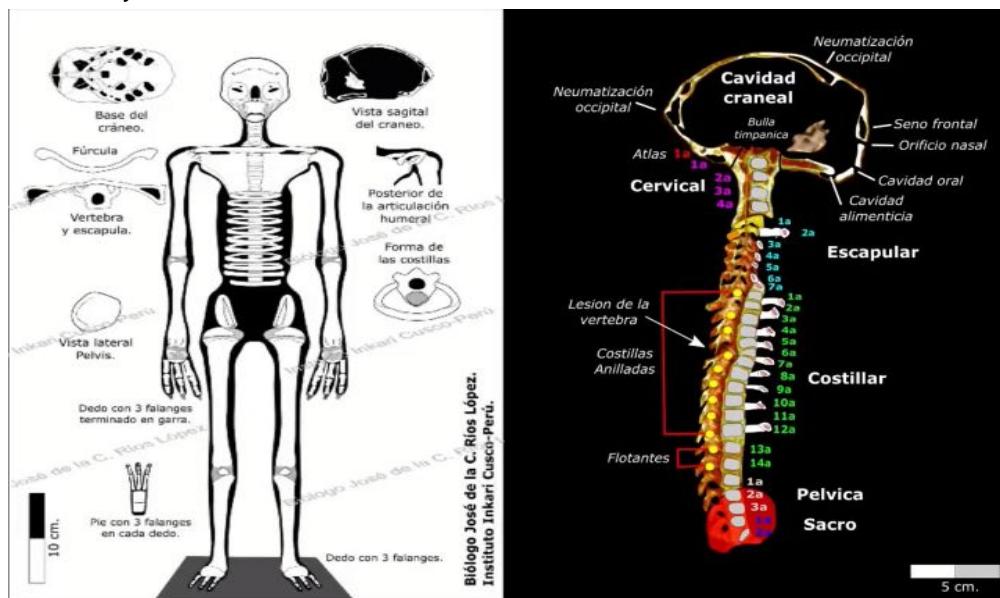
Se conoce hasta hoy dos tipos o especies de las momias tridáctilas:

- 1) Las pequeñas momias de aproximadamente 60 cm llamadas «Albert», «Victoria» y «Luisa» que se encuentran actualmente en la universidad San Luis Gonzaga de Ica, y anteriormente había una momia llamada «Josefina» del mismo tamaño que después de ciertos estudios realizados por instituciones y organizaciones fue reclamado por su descubridor. No se conoce su ubicación actual.

Características de esas momias son entre otras: cráneo alargado que contiene el cerebro desecado, conducto auditivo sin pabellón, un solo hueso tanto en el antebrazo como en la antepierna, costillas casi circulares, el atlas cuadrado en vez de circular, huesos huecos como aves, comparten solo aproximadamente 30 % de la ADN con el homo sapiens. La anatomía coincide con la de un ser humano en la presencia de las partes principales de un esqueleto humano, pero con grandes diferencias en su estructura como el número de vértebras, tipo de huesos, no tiene dos clavículas sino una sola fúrcula como en las aves, las partes de la rodilla encajan casi como engranajes, y hay la presencia de uno o más implantes en cada una de las momias, etc. Los implantes en las momias consideradas femeninas son los más grandes y complejos tal como muestran los x-ray y CT.

Figura 2.

A la izquierda: *detalles de los pequeños tridáctilos*, a la derecha: *detalles del cráneo y de la vertebra de los tridáctilos de 60 cm*



Fuente: Dr. J. de la Cruz Ríos López (Méjico)

- 2) El otro espécimen es la momia «María» de 168 cm con características humanas y otras desconocidas. Se considera a ella una híbrida. Sin llegar a muchos detalles se menciona solamente unas características de esta momia como (según Prof. Galetskii, Universidad de San Petersburgo): cráneo alargado; un solo hueso en el antebrazo y la ante pierna; columna vertebral igual a la que se encuentra en un cuerpo humano, la única diferencia se puede encontrar en la ausencia de la vertebra nº7; no existe el coxis en ella; en la parte lumbar presenta una anomalía que probablemente son melanomas; en la parte de la cintura hay dos objetos duros no identificados, no son ni metálicos ni huesos; en la parte de las extremidades hay heridas las cuales muestran una forma como si hubiesen sido causadas por garras largas de un animal como por ejemplo un puma; hay restos fecales los llamados coprolitos en la parte digestiva; en

los dedos no hay músculos que unen las falanges y cada dedo tiene cuatro falanges; el talón muestra una forma diferente que no hubiera permitido poner toda la planta en contacto con la superficie terrestre por el contrario este al caminar se apoyaba solamente en el talón y los dedos. Por lo demás la anatomía de María coincide con la



de un ser humano. No se encontró implantes.

Figura 3.

CT de la momia María

Fuente: *Alién Project (GAIA)*

Figura 4.

X-ray de la momia María





Fuente: *Alien Project (GAIA)*

2.2 Objetivo, propósito y enfoque

El subcontinente sudamericano y Perú en particular están fuertemente influenciados por la investigación extranjera. En particular, los conocimientos tradicionales como la medicina y la agricultura, pero también varios tipos de historias, generalmente no se escriben y se transmiten oralmente de una generación a la siguiente. Es un segundo mundo de conocimiento que sigue sus propias reglas y tiene numerosas formas propias muy distintas. Estas influencias de la oralidad y la todavía escasa interpretación de las tradiciones históricas sobre la cerámica y los tejidos hacen que una cuestión como la exploración de cuerpos desconocidos sea un desafío particular cuando se trata de indagar sobre su origen.

Uno de los objetivos del proyecto de investigación era construir un puente entre el conocimiento histórico escrito y verbal y la presencia de los petroglifos de Palpa (departamento de Ica) y Toro Muerto (departamento de Arequipa) y la cuestión de cómo ambos sistemas de información podrían complementarse mejor para rastrear la verdad sobre las momias de Nasca.

Era de gran importancia que, además de la investigación imparcial sobre la edad de las momias, su origen y su ADN, que se realice una investigación que preste atención a los implantes que se pueden encontrar en cada una de las pequeñas momias de aproximadamente 60 cm.

Informaciones disponibles acerca de los implantes en las momias se muestran sobre todo en el informe de INGEMMET de febrero de 2017. Un enfoque importante de esta investigación fue el análisis de unas muestras que se habían tomado de uno de los implantes de la momia Luisa.

También nos interesó si se mostró cortes o restos de pegamento en la piel de las momias.

Por lo tanto, el objetivo de cualquier investigación debe ser separar lo improbable de lo probable según nuestro conocimiento, colocando los indicadores emergentes a favor o en



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

contra de la autenticidad de las momias, en el contexto histórico y actual según el análisis de los implantes, cuerpos de las momias, ciertas rocas y sedimentos del área.

2.3 Problema y situación inicial

En las regiones de Perú con un alto número de hallazgos de artefactos y momias, el número de huaqueros se ha disparado en unas pocas décadas. En particular, las excavaciones que rodean el hallazgo del Señor de Sipán han contribuido significativamente a esto desde finales del siglo pasado.

Esto hace que sea difícil para la investigación actual, especialmente cuando se venden importantes hallazgos históricos a coleccionistas adinerados en el extranjero sin ser conscientes de ellos, crear con la mayor precisión posible la imagen general de una cultura compleja y llegar al conocimiento correcto sobre la forma de vida de sus portadores y sus contactos interculturales.

Las momias de Nasca, que han sido completamente arrancadas de un contexto funerario y algunas de las cuales muestran graves daños, lamentablemente se suman a este problema de los efectos del huaqueo.

La aceptación de los resultados científicos, impartidos por institutos y universidades de buena reputación (Abraxas, Universidad de San Petersburgo, Universidad de Lakehead, Biotecmol, etc.) se ve dificultada por la trayectoria de los donantes, entre los que se encuentra principalmente la organización GAIA, que se centra en temas de ufología y lo paranormal. Algunos de los investigadores encargados por dicha organización habían creado la base para la desconfianza por sí mismos, al declarar anteriormente a otras momias extraterrestres.

Otro problema es que se ignora por ejemplo la investigación de la bióloga Dra. Carla Martínez (Colombia) quien durante la conferencia de prensa en el congreso (Lima, Perú) en diciembre de 2018 afirmó: “La cabeza suelta de la que el instituto INCARI tomó tejido para los estudios de ADN mitocondrial, no es confiable para ser representativa de los cuerpos desecados tridáctilos de 60 cm objeto de este estudio, ya que ella no ha tenido un estudio

científico para una verificación previa de su real correspondencia biológica con un cuerpo desecado tridáctilo completo.”

Ella continuó: “Los resultados de ADN mitocondrial de esta cabeza suelta y de la grande mano solo son válidos para estas muestras y no son comparables con los otros resultados de los cuerpos tridáctilos desecados por no presentar un estudio científico que permite asociar estas piezas sueltas con los cuerpos completos estudiados. Desde el rigor científico no se puede extraer los resultados de ADN mitocondrial obtenidos por el instituto INCARI para explicar con ellos el ADN de los cuerpos tridáctilos desecados de 60 cm que han sido objeto de estudio por los equipos de Gaia y Tercer Milenio. ... El análisis del ADN ... de esta cabeza suelta arroja 100 % de pertenencia con homo sapiens. Este resultado no puede ser utilizado para poner en entredicho los resultados de las secuenciaciones masivas de BioTecmol y la Universidad federal de San Petersburgo realizados con el tejido extraído de las vértebras de Victoria (cuerpo desecado tridáctilo sin cabeza) ... “

Figura 5. CT de la momia “Wawita”. Fuente: *Alién Project (GAIA)*.



Hay piezas del tamaño de aproximadamente 30 cm que sin duda alguna fueron ensambladas a partir de partes de animales. El equipo de investigación dirigido por el arqueólogo francés Thierry Jamin y el reportero mexicano Jaime Maussan, comunicaron el hecho.

Durante la conferencia de prensa en diciembre 2018, el Prof. Galetskii de la Universidad de San Petersburgo explicó las radiografías de la llamada momia Wawita. Mostraron claramente que el niño tenía cinco dedos en cada mano y cinco en cada pie, y que de cada una de esas extremidades se habían sido extraídos post mortem dos dedos artificialmente. El niño probablemente sufrió una muerte violenta, pues se le descubrieron heridas en el abdomen,

provocadas por un objeto punzocortante como un cuchillo.

Al probar la manipulación del cadáver del niño por medio de imágenes de rayos X y CT, se pueden hacer comparaciones con las imágenes de las momias tridáctilas, a partir de las cuales se puede descartar tales intervenciones violentas.

Figura 6. Cráneo suelto esculpido y mano grande. Fuente: Inkarri – Cusco.



2.4 Riesgos

2.4.1 Coronavirus

En cualquiera fase de la investigación se corría el riesgo de contagio porque las vacunas desarrolladas tal vez no ofrecían una protección confiable. Se afrontó el problema con el uso de mascarillas en terminales, buses y en reuniones.

2.4.2 Huelgas y paros

Debido al descontento general con el aumento de los costos de vida y energía, estallaron huelgas ya antes de las elecciones presidenciales de 2021. Algunas huelgas de mayor duración también afectaron a la región de Ica. Los fines del 2022 y los primeros meses de 2023 la región de Ica fue otra vez afectada, en esa ocasión por paros basados en el arresto del expresidente. Estos paros afectaron directamente a nuestra investigación, no se pudo viajar para llevar al cabo los últimos trabajos.



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

2.4.3 Enfermedad

Debido a las condiciones estresantes de calor y polvo y la continua amenaza del coronavirus mencionada anteriormente, el proyecto también corría riesgo de verse comprometido en cualquier momento.

2.4.4 Falta de materiales/equipamiento

Para asegurar la toma de muestras y la investigación en el campo al aire libre se dependía de unos materiales/equipamiento, algunos no eran disponibles o muy costosos.

3 ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN

Desde 2016, ya se tiene varios resultados de investigación sobre diversos objetos relacionados con las momias de Nasca. Mencionables en específico son las momias María, Josefina, Louisa, Victoria y Albert, de las cuales se tomó muestras de tejidos y huesos y que se enviaron al extranjero para su análisis. En particular, cabe mencionar las universidades y laboratorios de Canadá, Rusia y EE. UU., que brindaron la mayor parte del conocimiento hasta la fecha. Sin embargo, los resultados de la investigación en el campo del ADN, C14, medicina forense, análisis de implantes no han despertado un interés serio por parte de la comunidad científica o del público en general. Este desprecio, las solicitudes fallidas de ayuda al Ministerio de Cultura, la preservación inadecuada de las momias, y mucho más, ha impedido el desarrollo de un extenso trabajo de investigación hasta el día de hoy.

3.1 Fundamentos teóricos

El tema de este trabajo de investigación tiene vínculos con la arqueología y la historia social. Varias referencias teóricas se hicieron evidentes desde el desarrollo del tema y las preguntas de investigación.

Mientras que muchas disciplinas desarrollan teorías de manera deductiva y las aplican a la realidad empírica, la arqueología funciona de manera exploratoria y generadora de teorías, es decir, desarrolla teorías a partir de material empírico y procede de manera inductiva.

La teoría del relativismo cultural, que trata de evitar clasificar otras culturas en función de la



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

propia impronta cultural y cosmovisión, ofrece enfoques muy interesantes en relación con este trabajo. El relativismo cultural reconoce la diversidad de culturas y postula que las culturas no pueden evaluarse o compararse desde el punto de vista de otra cultura. Los fenómenos culturales, como los que podrían surgir de un análisis más detenido de las momias de Nasca y el sitio probable donde fueron encontradas, solo pueden entenderse y evaluarse en una perspectiva étnica en su propio contexto.

Esos fundamentos teóricos se necesitan tener presente en cualquier momento, también en una investigación netamente técnica.

3.2 Investigación relacionada

Se han realizado investigaciones relacionadas sobre subáreas de este tema en varias instituciones de Asia, África, Europa y Australia.

Ha habido evidencia de manipulación y falsificación de momias en Egipto desde la antigüedad. Hace algunas décadas, se examinó el sarcófago de una supuesta princesa persa; en ese momento, con la ayuda de métodos comunes como el C14 y el análisis de escritura, se pudo probar una falsificación sin lugar a duda.

En la actualidad se ha vuelto difícil a los falsificadores de artefactos, sobre todo por los avances en el campo de la investigación del ADN y el análisis C14, de que su fraude pueda resistir el análisis científico.

3.3 Trabajos preliminares del proyecto de investigación

El trabajo preliminar del proyecto de investigación se basa por un lado en la evaluación de la conferencia de prensa en el congreso peruano en diciembre de 2018, en la que el entonces diputado Villanueva abogó por profundizar en la investigación de las momias de Nasca y por ello convocó a una conferencia de prensa con participación internacional.

Como expertos recibió a especialistas de Perú, México, Colombia, Francia y Rusia en las áreas de medicina forense, biología general, análisis de ADN y arqueología.

Los resultados adicionales provinieron de la financiación de Inkarri, una ONG de Cusco, GAIA y Tercer Milenio, las dos últimas son organizaciones que reciben poca credibilidad a

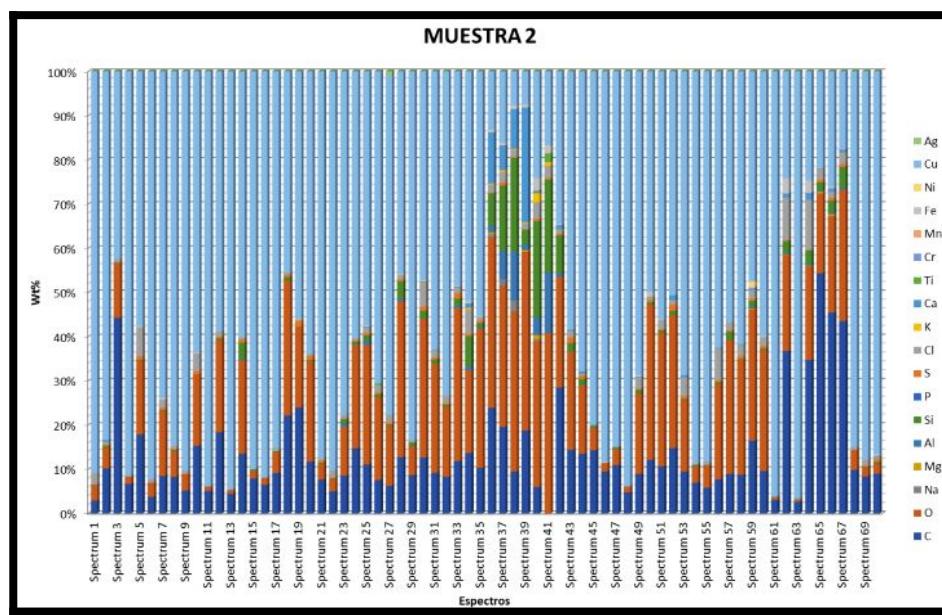
nivel científico internacional por sus relaciones con el campo de ufología.

La mayor parte de esto implica el análisis de material genético y la creación de imágenes de tomografía computarizada (CT) y rayos X de las momias. Los implantes metálicos, que no faltaban en ninguna de las momias pequeñas presentadas hasta el momento, siempre fueron mencionados y descritos en la medida de lo posible.

3.3.1 Informe de INGEMMET, febrero 2017

En febrero de 2017 el Instituto Inkari en Cusco publicó los resultados de los microanálisis elementales realizados por EDS (Espectroscopía de Dispersión de Energía) e INGEMMET a seis muestras enviadas por el Instituto INKARI-CUSCO.

La primera muestra está compuesta por varios fragmentos extraídos del implante pectoral de la momia llamada Josefina, cuales tres de ellos se recogen para su análisis. Se analizaron 5



regiones en los fragmentos recolectados y se realizaron un total de 70 espectros con mediciones de concentración de masa elemental para cada región. Además, realice un mapeo EDS de los elementos carbono, oxígeno, silicio, azufre, cloro, calcio y cobre para uno de los tres fragmentos. El conjunto de mediciones de concentración de masa realizadas en EDS para cada zona compilado en el siguiente gráfico de barras de resumen.

La muestra consiste principalmente en cobre metálico (en promedio 85% en masa en la región más pura) y se ha observado alguna alteración para formar productos de oxidación como



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

cuprita o plagioclasa o minerales de alteración como atacamita o brocantita. Este cobre también contiene impurezas (hierro, azufre, etc.) que pueden ser características de los minerales de los que se extrajo el cobre utilizado para diseñar los implantes. Estas impurezas también pueden indicar el método de extracción utilizado, en particular la presencia de azufre (probablemente de sulfuros de tipo calcocita).

Los niveles de azufre y cloro en los productos de alteración (p. ej., atacam) puede indicar una alteración que se produce en una atmósfera rica en cloro y/o azufre, como por ejemplo en un entorno costero o volcánico. Esta muestra también tiene señales químicas minerales (carbonatos, silicatos, sales) que pueden ser aportes exógenos (agrupaciones alrededor del implante) o el resultado de la cristalización in situ en condiciones específicas.

También existe una firma química mineral (carbonato, silicatos, sales) para esta muestra, que bajo ciertas condiciones puede ser el resultado de una contribución exógena (ganga que rodea el implante) o cristalizaciones in situ.

En el contexto de la investigación, esta muestra corresponde a un objeto de la época precolombina en cuanto a su composición química (cobre, cuya pureza -perfectible- es totalmente compatible con los métodos de refinación conocidos y disponibles en la época). Además, los productos de oxidación y meteorización observados implican procesos lentos y por lo tanto ayudan a confirmar la edad del objeto de muestreo a menos que haya estado expuesto a un ambiente muy agresivo (contaminación). La firma mineral observada también apuntaría en esta dirección en el caso de cristalización in situ (proceso lento)

3.3.1.1 Lote n°1 - muestra 03: implante metálico anular de una mano tridáctila

A. Presentación

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
Teléfono: 381-5630/ Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4207
Email: investigacionfigmm@uni.edu.pe

Escuelas Profesionales de Ingeniería acreditadas por:

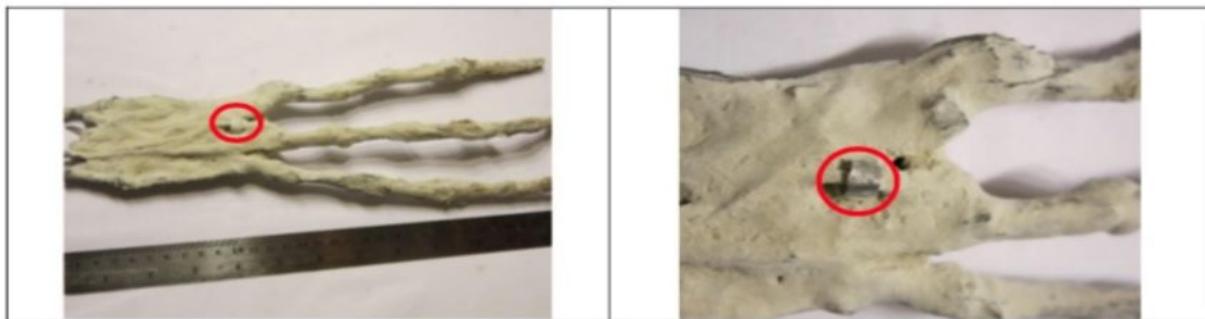


Engineering
Accreditation
Commission

Muestra: fragmento extraído de un implante anular de la mano tridáctila que el médico Paul Ronceros entregó al Instituto INKARRI-CUSCO.

Figura 7.

Fotografías de la mano tridáctila donde se implanta el objeto fuente de la muestra 03 del lote n°1 (rodeado de rojo).

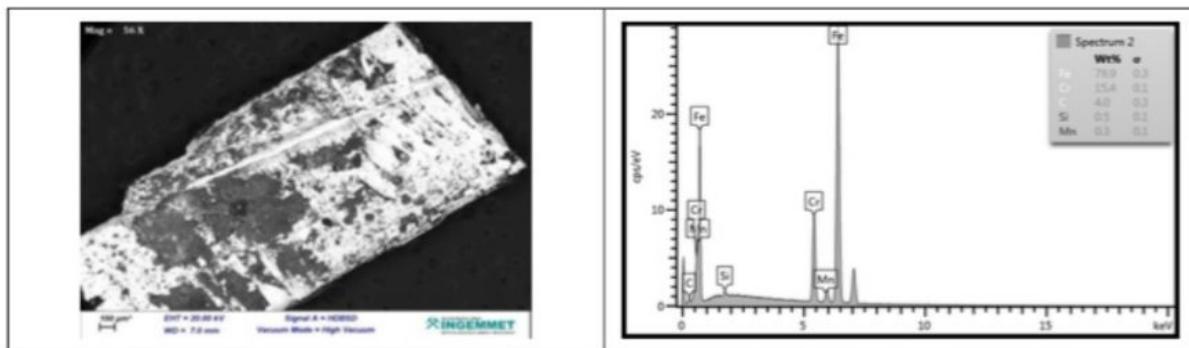


B. Resumen de los resultados de caracterización en MEB/EDS

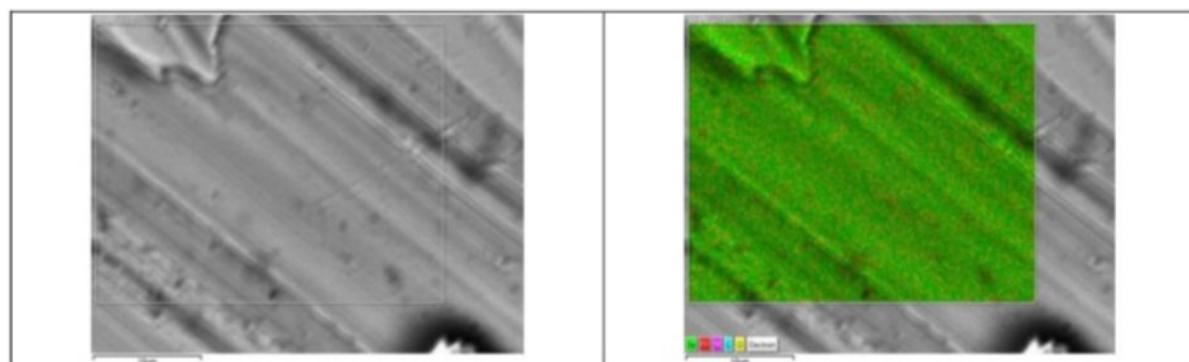
Para esta muestra, se analizaron 4 zonas en el fragmento muestreado, realizadas para un total de 27 espectros, cada uno con una medición de concentraciones de masa elemental. También se realizó un mapeo elemental en una parte del fragmento.

Figura 8.

Imagen MEB (izq.) y espectro de adquisición EDS (der.) de la muestra 03 del lote 1. Este espectro muestra una zona rica en hierro Fe y cromo Cr, así como la presencia de manganeso Mn.

**Figura 9.**

Mapeo elemental con elementos (C, O, Si, Cr, Fe) de un área del fragmento de la muestra 03 del lote n ° 1. El cromo se localiza puntualmente, en forma de

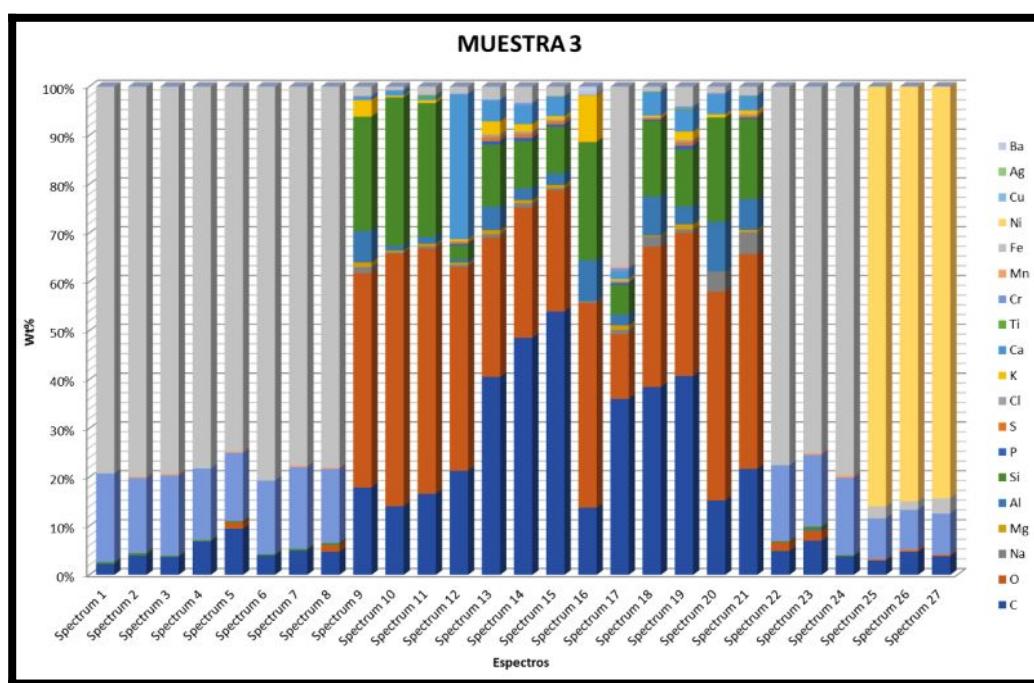


pequeñas inclusiones.

Para concluir, se compila en el siguiente gráfico de barras de resumen el conjunto de mediciones de concentración de masa realizadas en EDS para cada zona:

Figura 10.

Tabla resumen de las mediciones de la concentración de masa EDS en la muestra 03 / lote n° 1. Observamos las concentraciones de hierro, cromo, así como el mineral elemental y la firma de níquel, confinados a una sola zona.



Esta muestra consiste en una aleación de hierro-carbono (promedio 78% hierro por 5% carbono) rica en cromo (promedio 16%), sin embargo, el análisis EDS no permite tomar una decisión sobre si es acero (inoxidable) o hierro fundido (blanco). Se observa que esta aleación no contiene níquel en su composición intrínseca, por un lado, no contiene níquel, por otro lado, se detecta localmente en una de las zonas analizadas en una concentración casi pura (media del 85%), lo que indicaría la existencia de una capa de pasivación de níquel para esta muestra (hipótesis a considerar, aparte de una posible contribución exógena, por ejemplo, a través de una contaminación). Entonces, para esta muestra, plausiblemente habría

electrodepositado (baño químico o electrolítico) un acero o un hierro fundido, quizás cubierto en la superficie con una capa de níquel. También se observa una firma mineral-química en esta muestra, que probablemente sea de origen exógeno (ganga mineral).

C. Discusión de los resultados en el contexto del estudio.

Para fines de estudio (aparte de las consideraciones de las composiciones elementales: acero o hierro fundido, galvanoplastia con níquel, etc.), el principal "problema" de esta muestra es que actualmente no existen objetos manufacturados precolombinos que contengan objetos fabricados en una aleación de base de hierro. La razón principal es puramente técnica: las civilizaciones de la época no dominaban y/o conocían las técnicas necesarias para extraer y procesar el hierro.

La única alternativa para explicar este hecho dentro de la hipótesis de un objeto creado por una civilización precolombina con esa característica sería que el objeto original del que se tomaron partes contenía hierro nativo de origen meteorítico (observado en otras civilizaciones antiguas), con una composición química equivalente.

3.3.1.2 Lote 1 - muestra 04: implante de metal de una mano tridáctila.

A. Presentación

Muestra: compuesta por varios fragmentos extraídos de un implante en forma de disco, de una de las manos tridáctilas. Se tomaron tres fragmentos de esta muestra para su análisis.

Figura 11.

Fotografías del implante metálico del que se extrae la muestra 04 / lote 1.



B. Resumen de los resultados de caracterización en MEB/EDS

Para esta muestra se estudiaron 3 zonas sobre los fragmentos recogidos, para un total de 23 espectros realizados, cada uno con una medición de las concentraciones de masa elemental. También se realizó un mapeo elemental.

Figura 12.

Imagen MEB (izq.) y espectro de adquisición EDS (der.) de la muestra 04 / lote 1.

1. Este espectro muestra una zona rica en plata Ag y oro Au, así como en la presencia de cobre Cu.

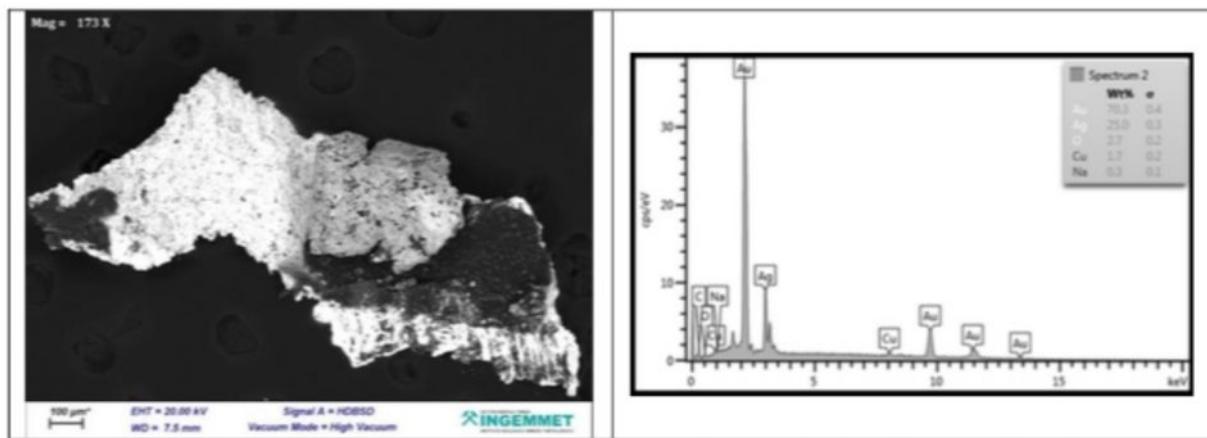
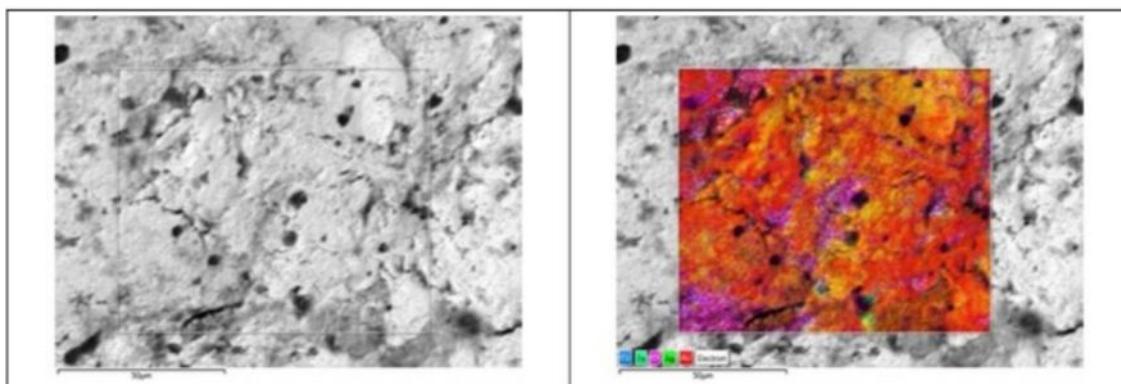


Figura 13.

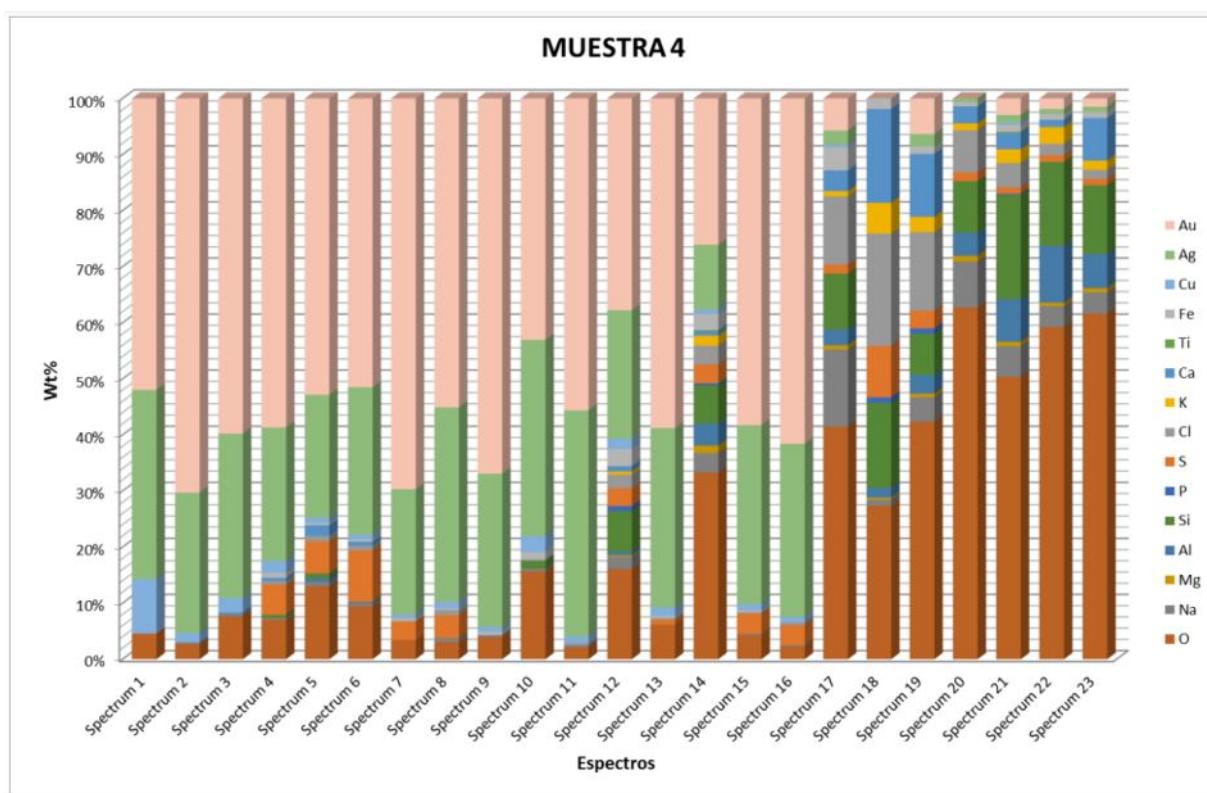
Mapeo elemental EDS de una muestra 04 zona del lote 1: elementos O, Fe, Cu, Ag, Au.



Para concluir; en el siguiente gráfico de barras de resumen se compila el conjunto de mediciones de concentración de masa realizadas en EDS para cada zona:

Figura 14.

Tabla de resumen de las mediciones de concentración de masa en EDS de la muestra 04 del lote 1. Las concentraciones de oro y plata son casi constantes, así como una firma química mineral.



Esta muestra se compone principalmente de una aleación de oro-plata (y en menor medida de cobre), en una proporción media de alrededor del 60% de oro por 30% de plata (alrededor del 10% de cobre), sin que existan hipótesis sobre la posible técnica de fabricación del objeto de origen (ver más abajo). Observamos la presencia de otros elementos como el hierro en forma inclusiva si nos remitimos a la cartografía básica, lo que podría dar una indicación de la procedencia de la aleación con la que se fabricó el objeto del que se tomó la muestra 04: podría tratarse de un oro nativo -aleación de plata compatible con la mineralogía peruana. También es posible que se haya aplicado al objeto una técnica de refinación de "depletion gilding", en cuyos los resultados revelan un neto enriquecimiento en oro al nivel de la

superficie, en paralelo a la disminución respectiva del cobre (fig. 27).

También existe una firma mineral-química (carbonatos, silicatos, sales) como resultado de una incorporación exógena (ganga mineral que envuelve la muestra) o cristalizaciones in situ (procesos lentos a favor de ciertas condiciones que darían testimonio de la edad del objeto fuente).

C. Discusión de los resultados en el contexto del estudio.

Esta aleación de oro y plata muestra una composición bastante consistente con las aleaciones utilizadas en la época precolombina. La presencia de impurezas como la inclusión de hierro va en esta dirección, un indicador plausible del uso de aleación nativa de oro y plata para el diseño del objeto, en ausencia de procesos totalmente controlados por el metalúrgico precolombino para la producción de este tipo de aleación. También sería plausible que (en la pieza examinada) se haya utilizado una aleación del tipo "dorado por reducción", incluyendo una aleación de oro-plata-cobre característica de muchos objetos de la época precolombina y mucho más rica en cobre en proporción de masa, la «tumbaga».

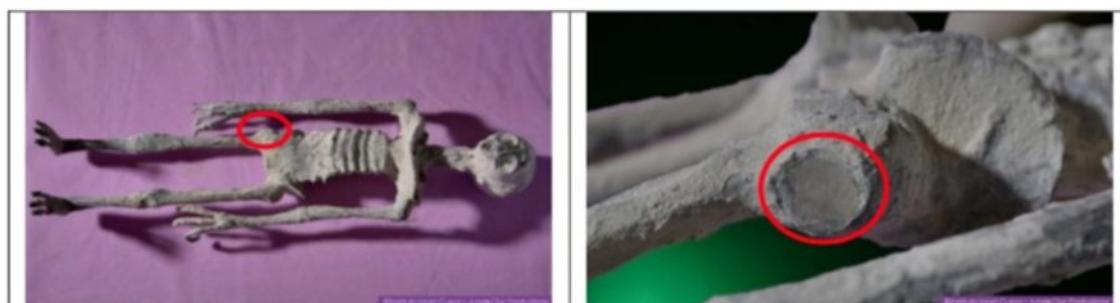
3.3.1.3 Lote 2 - muestra 01: implante de cadera de Albert.

A. Presentación

Muestra: fragmento extraído del implante de cadera derecha de la momia Albert, que tiene la geometría de un disco si se hace referencia a las fotografías, rayos X y tomografías disponibles.

Figura 15.

Fotografías del organismo donde se implanta el objeto fuente de la muestra 01 del lote 2 (rodeado de rojo).



B. Resumen de los resultados de caracterización en MEB/EDS

Para esta muestra se estudiaron 3 zonas en el fragmento muestreado, para un total de 13 espectros realizados, cada uno con una medición de las concentraciones de masa elementales. En la introducción también se presenta una cartografía elemental (cloro, cobre, plata)

Figura 16.

Mapeo elemental de la muestra 01 del lote 2 (Cl, Cu, Ag). La distribución parece homogénea a esta escala.

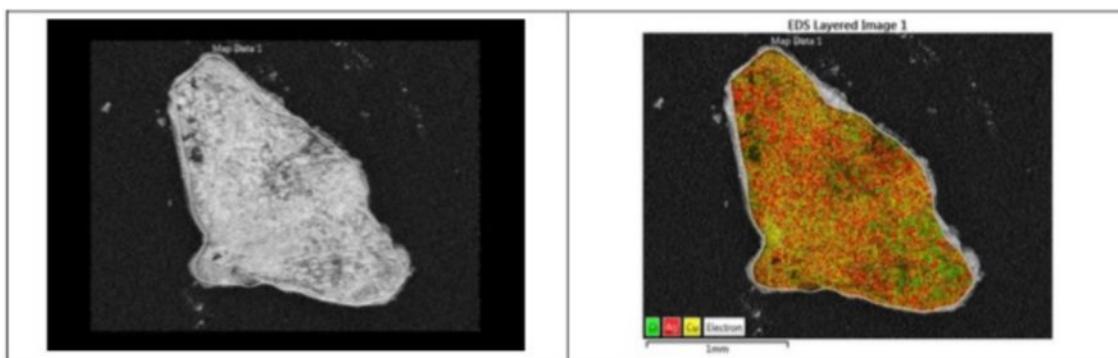
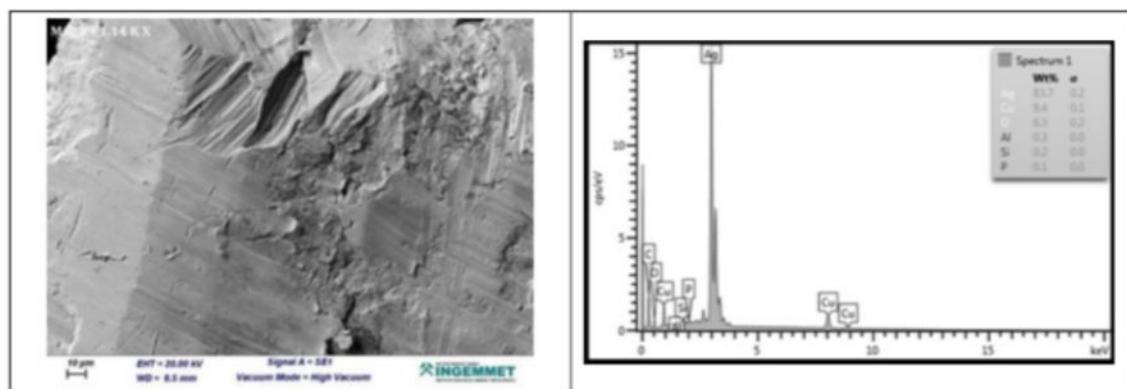
**Figura 17.**

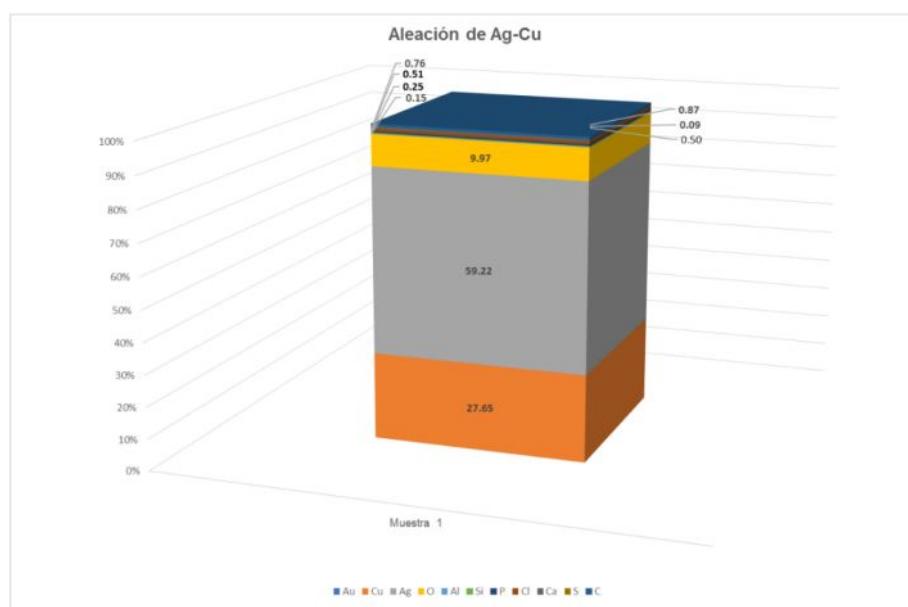
Imagen MEB (left) y espectro de adquisición EDS (right) de la muestra 01 / lote 2. Este espectro muestra una zona rica en Ag plata, así como la presencia de cobre Cu.



Para concluir, en el siguiente diagrama se promedian y representan todas las mediciones de concentración de masa realizadas en EDS para cada zona:

Figura 18.

Diagrama resumido de las mediciones de concentración de masa realizadas en EDS en la muestra 01 / lote 2. Esta muestra consiste principalmente en una aleación de cobre-plata con trazas de oro.



Esta muestra consiste de una aleación de cobre-plata con una relación de masa de aproximadamente 10% cobre para el 90% de plata hasta 10% de plata para el 80% de cobre, dependiendo del área analizada. Estas diferencias se deben a varios factores:

Los principales son la composición de la aleación utilizada para fabricar la pieza (relación cobre/plata que favorece ciertas microestructuras), el proceso de fabricación utilizado (fundición, forja en frío, acabado de piezas, etc.) y la orientación de la muestra durante el análisis (también condicionalmente a través de su extracción del objeto de origen). También existe una firma químico-mineral (carbonatos, silicatos, sales) que también podría ser de origen orgánico debido a los elementos involucrados, en particular el fósforo, que juega un papel en la composición ósea.

C. Discusión de resultados en el contexto del estudio.

En el contexto del estudio, la composición de esta muestra es totalmente consistente con las composiciones estándar enumeradas para objetos precolombinos hechos de una aleación de cobre y plata. La microestructura observable en las imágenes topográficas sugiere que el objeto fue creado por estampación en "frío" de láminas de aleación de cobre y plata mediante golpes, una técnica también conocida para dar forma a muchos objetos del período precolombino.

Sobre la biocompatibilidad de un implante construido con una aleación de este tipo, considerando la actividad química del cobre y la plata según el contexto (pH, ...), - las consecuencias histológicas con respecto a un organismo vivo serían inciertas y requerirían el asesoramiento de un especialista.

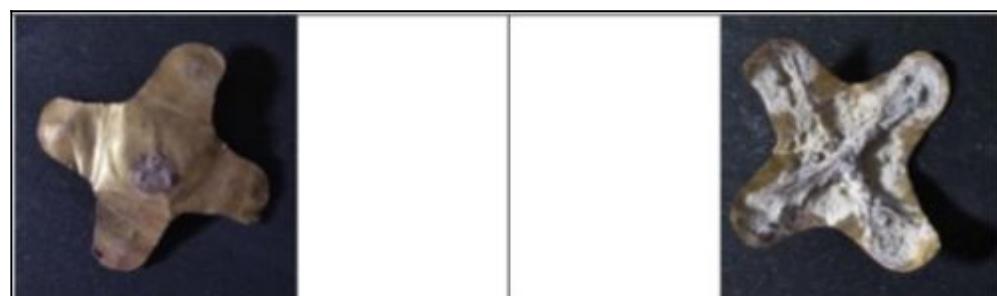
3.3.1.4 Lote 2 - muestra 02: objeto metálico en forma de cruz.

A. Presentación

Muestra: dos fragmentos extraídos de un objeto de metal en forma de cruz.

Figura 19.

Objeto fuente de la muestra 02 del lote 2. Notamos la presencia de posibles minerales en la parte inferior.



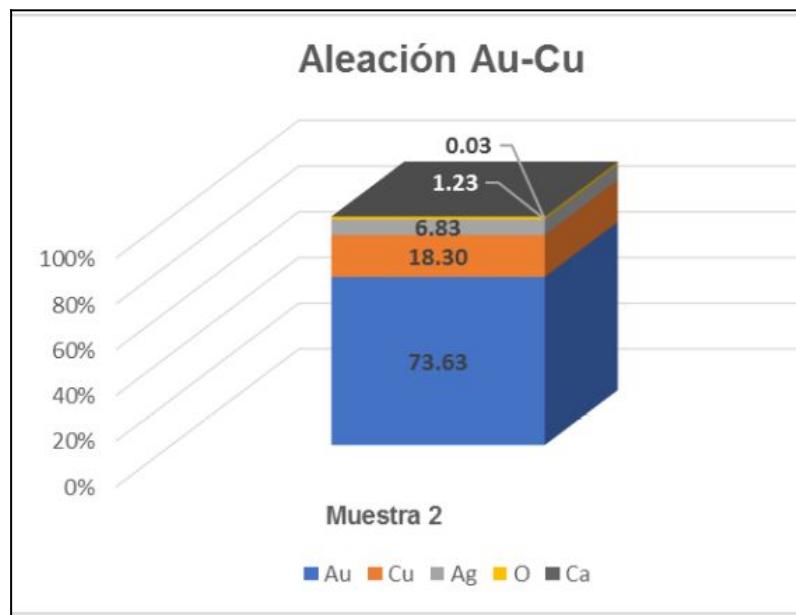
B. Resumen de los resultados de caracterización en MEB/EDS

Para esta muestra se estudiaron 3 zonas en el fragmento muestreado, para un total de 13 espectros realizados, cada uno con una medición de las concentraciones de masa elementales. En la introducción también se presenta una cartografía elemental (cloro, cobre, plata).

En el siguiente diagrama resumen, se promedian y representan todas las mediciones de concentración de masa realizadas en EDS para cada área de esta muestra

Figura 20.

Diagrama de resumen de las mediciones de concentración de masa realizadas en EDS en la muestra 02 del lote 2. Esta muestra consiste principalmente en una aleación de oro y cobre, o tumbaga, con rastros de plata.



Esta muestra presenta la composición química de una aleación de oro y cobre (con un poco de plata, en promedio de 5 a 7% en masa), llamada *tumbaga*. La relación promedio de concentración de masa de oro / cobre varía de aproximadamente 8% de cobre, 85% de oro a 26% de cobre y 65% de oro, según las zonas analizadas. Los análisis también muestran una firma química mineral (carbonatos, silicatos), posiblemente inducida por la contaminación exógena.

**C. Discusión de los resultados en el contexto del estudio.**

Para efectos del estudio, la aleación de oro-cobre (-plata), que constituye esta muestra es característica de los manufacturados precolombinos, se llama Tumbaga.

La técnica de Tumbaga (también Tumbago) es una aleación con los componentes principales oro y cobre. El contenido de cobre puede llegar hasta el 70%. Tumbaga tiene un punto de fusión más bajo y mayor dureza que el oro.

Se enumeran muchos objetos de esta aleación. También es interesante que las diferencias en la medición de la concentración resultarían de una técnica de refinación de objetos de tumbaga, dorados por "reducción", técnica utilizada regularmente por los metalúrgicos precolombinos para embellecer los objetos diseñados. La hipótesis de la aplicación de esta técnica sobre este objeto se confirma por la textura porosa de la superficie en áreas inalteradas, una textura porosa visible en la imagen MEB y creada en contraste topográfico. Este ejemplo ofrece numerosas pistas que refieren a un origen antiguo.

D. Comentarios adicionales

Para todas las muestras de metales cabe señalar que ninguna de ellas presenta rastros de arsénico (As) según microanálisis químicos por EDS. Considerando el contexto del estudio, esto puede ser un indicador importante del origen de los objetos (período precolombino): el arsénico, utilizado por primera vez por los Mochicas, se agregaba a veces a las aleaciones como endurecedor, razón por la cual se puede encontrar en varios objetos de la época precolombina. También se observa que este elemento puede o no estar presente en los minerales utilizados para fabricar las aleaciones utilizadas, lo que puede indicar el lugar de origen de los minerales utilizados para fabricar las aleaciones (Petersen G. Georg, William E Brooks, *Mining and Metallurgy in Ancient Peru*) en relación con la cultura que diseñó los objetos, además de los procesos de extracción y manufactura empleados.

La misma observación se puede hacer para el elemento estaño Sn, del cual no se detectaron rastros en el microanálisis elemental de las diversas muestras de metales. Este metal, que se usa para fabricar bronce (aleación de cobre-estaño), solo fue utilizado de manera significativa por las civilizaciones precolombinas (hace unos 1400 años) desde el final de la cultura Moche / comienzo de la cultura Inca, basada en el análisis de las composiciones químicas disponibles y su uso en la fabricación de diversos artefactos de este período (Petersen G. Georg, William



E. Brooks, *Mining and Metallurgy in Ancient Peru*). El estaño en las aleaciones anteriores a este período está presente únicamente como impureza (fuente de los minerales utilizados). La ausencia de estaño en las diversas muestras de metal examinadas, puede ser un fuerte indicador del período de producción de los objetos fuente correspondientes en el contexto del estudio (civilizaciones precolombinas)

3.4 Trabajo preliminar propio

Una primera fase de investigación de campo en el desierto de Ica y en las inmediaciones de los famosos glifos de Nasca por parte de Sabine Cremer tuvo como antecedente probar la hipótesis de investigación respecto a la probabilidad de la presencia de criaturas desconocidas por la historia en la época de la cultura Nazca y de sus antecesores y sucesores. Para esta primera fase de investigación de campo se formularon preguntas de investigación y se escogieron diferentes métodos para su investigación.

3.4.1 Método documental e Interpretación cualitativa de imágenes

Existen diversas razones para optar por la interpretación cualitativa de imágenes mediante petroglifos y el método documental, las cuales están directamente relacionadas con el tema de investigación elegido.

El método documental se remonta a Karl Mannheim y fue desarrollado por Ralf Bohnsack. Dentro del método documental, la imagen es entendida como “un medio de significado ‘idiosincrático’ que debe distinguirse del lenguaje”. La imagen se entiende como un documento para un contexto de significado. Esta idea se remonta principalmente al historiador del arte Ernst Panofsky, quien aplicó esta idea principalmente a las obras de bellas artes. Panofsky se preocupa por el significado “real” de la imagen, por la autorrevelación no deseada e inconsciente de una actitud fundamental hacia el mundo que es igualmente característica del creador individual, la época individual, el pueblo individual, la comunidad cultural individual (...).”

Para Panofsky, la imagen es un documento histórico porque se puede utilizar para “reconstruir la cosmovisión o hábitos de una época específica”.

Otros enfoques metodológicos retoman esta idea. No solo ven la imagen históricamente como

un documento de una época, sino que también la ven en otros contextos, como el contexto de las fases de desarrollo (Wopfner...)”. Porque el significado de una acción no es un asunto individual sino social y muchas veces colectivo. Básicamente, se trata de la diferencia entre lo que muestra una imagen y cómo se diseña una imagen.

3.4.1.1 Investigaciones en campos de petroglifos

En una de las visitas a Ica se fue al campo de petroglifos en Palpa, a aproximadamente 100 metros del inicio del recorrido construido por el ministerio de la cultura.

Figura 21.

Fotos: roca en el campo de petroglifos de Palpa (izq.), roca con imagen de tridáctilo (der.)



Fuente: Sabine Cremer.

En el sitio arqueológico se encontró varios petroglifos de seres tridáctilos, uno de ellos resultó gravemente dañado, los posibles factores de esto son la intervención humana o las influencias climáticas responsables de una erosión de la capa superior de la roca con el tiempo.

En un viaje a la región de Arequipa, Valle de Majes, se encontró unas imágenes similares, aunque mucho más pequeñas en el campo de petroglifos de Toro Muerto.

Según los estudios de arqueología peruana los petroglifos de Palpa en el departamento de Ica fueron creados por los predecesores de la cultura Nazca, y algunos de los glifos parecen ser incluso más antiguos. No hay consenso entre los científicos sobre esto.

Se puede ver sobre todo hechos de la vida cotidiana y la representación del entorno, que incluía todo lo que había entre el cielo y la tierra, como por ejemplo personas, animales domésticos y silvestres, estrellas, sol, luna, ríos y montañas. Además, se representaron seres que no parecen ni a humanos ni animales, si acaso, solo en partes.

Figura 22.

Petroglifos de criaturas con tres dedos en el sitio arqueológico Toro Muerto, Arequipa



Fuente: Sabine Cremer.

Figura 23.

Sabine Cremer con petroglifo de un tridáctilo en Toro Muerto (izq.), el mismo petroglifo con más contraste (der.)



La situación es similar en el extenso campo de petroglifos de Toro Muerto en el departamento



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

de Arequipa, a tres horas aproximadamente de la ciudad de Arequipa.

3.4.1.2 Entrevistas a expertos

A mediados de octubre de 2021, para responder a la primera pregunta de investigación ¿Qué dicen los expertos involucrados sobre el hallazgo? ¿Las hipótesis ya formuladas tienen sentido bajo sus criterios? se realizó una entrevista a expertos en el campo de antropología y medicina.



4 MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.1 Examen I

4.1.1 Materiales y muestras

Una combinación de diferentes enfoques metodológicos parecía sensato al analizar las preguntas de investigación formuladas: una combinación de encuestas estandarizadas cuantitativas y procedimientos interpretativos cualitativos.

Przyborski y Wohlrab-Sahr escriben en su libro: “(...) el conocimiento de diferentes enfoques metodológicos y sus supuestos básicos (...) puede ayudar a reconocer más en el campo y sobre la base de material empírico de lo que uno podría sea posible desde un punto de vista mono paradigmático”.

- Métodos de Microanálisis usados en la presente investigación
- Equipos utilizados:
 - MEB: Microscopio Electrónico de Barrido
 - Microscopio Estereográfica
 - Microscopio Metalográfico Invertido
 - Capturador de Imagen
 - Difractómetro de Rayos X
 - Mesas de Pulido
 - Abrasivos para Desbaste y Pulido
 - Microscopía óptica

La momia hallada, presenta aleaciones adheridas a diferentes partes de su estructura ósea, por lo cual no se puede asegurar a simple vista que se trate de una misma aleación. La Microscopía Electrónica de Barrido es un método no destructivo, se relaciona muy bien para la caracterización química de una aleación, para así poder determinar sus propiedades químicas y físicas.



El Microscopio electrónico de barrido o SEM (Scanning Electron Microscope), es aquel que utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen. Tiene una gran profundidad de campo, la cual permite que se enfoque a la vez una gran parte de la muestra. También produce imágenes de alta resolución, que significa que características espacialmente cercanas en la muestra pueden ser examinadas a una alta magnificación. Cuanto mayor sea el número de electrones barridos en el dispositivo mayor brillo tendrá la imagen en la pantalla, conforme el haz de electrones va barriendo la muestra se verá toda la imagen en la pantalla, un microscopio electrónico de barrido puede ampliar una imagen hasta 200.000 veces a más, siendo esta su mayor ventaja en comparación con un microscopio óptico.

Para asegurarse que la piel está libre de cortes u otras manipulaciones típicos en momias falsificadas, se usó la microscopía óptica. Este método permite pasar el microscopio digital por encima de toda la superficie de una momia. La toma de una muestra no aplica en casos en que se requiere un examen de una superficie entera.

4.1.2 Examen de muestras de la momia Luisa

4.1.2.1 Preparación

La preparación se realizó bajo de normas técnicas:

- ASTM E3 «Preparación de muestras metalográficas»
- ASTM E 407 «Micro ataque de Metales»

Manuales técnicos usados:

- ASM Metals Handbook «Metallography and Microstructure»
- ASM Metals Handbook «Atlas of Microstructures»
- ASM Metal Handbook «Fractografía»

Se evaluó por análisis espectral multi elemental el siguiente material:

Nº	MUESTRA	MUESTREO	PESO (mg)
1	hueso de cráneo	in situ	20
2	tejido del abdomen	in situ	20
3	tejido de la pierna	in situ	20
4	material de huevo	muestra suministrada	10
5	diatomita	in situ	5000
6	esquirlas de placa metálica	in situ	7

Figura 24.

Extracción del material de un huevo en el cuerpo de la momia Luisa (fuente:



canal de ZDF - Terra X: Harald Lesch: «ungelöste Fälle der Archäologie»).

También se analizó una muestra del implante de la momia Luisa.



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

4.1.2.2 Procesamiento

En este método de análisis la muestra es secada a 100°C, luego pulverizada y colocada en electrodos de grafito espectroscópico, y sometida a un flujo de electrones que producen transiciones electrónicas características de cada elemento de la muestra menos de elementos gaseosos. Las determinaciones analíticas se hacen en base a la longitud de onda e intensidad de cada elemento que compone la muestra, limitadas por los pesos de cada muestra.

4.1.2.3 Resultados

Los resultados no han sido publicados y solamente revelados en detalle a un pequeño círculo de personas hasta el momento por motivos personales de los especialistas involucrados en la investigación. En este contexto se refiere a punto 1.3 de este informe, y se presenta solamente un resumen de ciertos análisis.

De los resultados de los análisis de la muestra de implante por microscopía electrónico de barrido (SEM) y difracción de x-ray donde predomina la presencia de los elementos químicos como el cobre (Cu) seguido de estaño (Sn), plata (Ag), osmio (Os), carbono zona localizada de la muestra presencia de elemento de transición el Osmio (Os) también, se observa material compacto aleación base cobre (Cu), no hay presencia de arsénico y níquel.

El osmio es el material más denso que existe y el metal más duro, se aplica la «dureza Brinell», es decir, la dureza se mide por la profundidad de penetración.

El hecho de que este metal sea tan denso significa que los átomos individuales sean muy densos y compactos entre sí. Y precisamente por eso también tienen un alto punto de fusión: el osmio se funde a más de 3000 °C.

Esta alta temperatura de fusión también fue una de las razones por las que el osmio se utilizó como metal conductor en las primeras bombillas, es decir, como filamentos.

El osmio es considerado el metal precioso más valioso del mundo. De particular interés es la rareza del metal, lo que eleva el precio. Un gramo de osmio cuesta alrededor de 1,869.48 euros.

Si las momias tridáctilas de Nasca son falsas, entonces surge la pregunta de por qué los falsificadores usaron el metal precioso más caro del mundo cuando podrían haber incluido



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

cualquier otro metal.

Considerando la diatomita predomina como elemento mayor (mayor que 10%) la presencia de Si, y elementos menores (entre 10 y 1 %) son aluminio (Al), hierro (Fe), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K), como elementos trazas (entre 1 y 0.0001 %) se observa calcio (Ca), titanio (Ti) y fósforo (P).

De los resultados de los análisis de las esquirlas de placa metálica donde predomina el cobre (Cu), después hay un menor porcentaje de estaño (Sn) y se observa elementos trazas como plata (Ag), magnesio (Mg) y sodio (Na).

4.1.2.4 Problemas

Según el informe del laboratorio involucrado se realizó los análisis de metales por difracción de rayos X. La difracción de rayos X, también conocida como x-ray diffraction (XRD), es la difracción de rayos X en estructuras ordenadas como cristales o cuasicristales. En principio, los rayos X muestran los mismos fenómenos de difracción que la luz y todas las demás ondas electromagnéticas. La difracción de rayos X se utiliza en física de materiales, cristalografía, química y bioquímica para examinar la estructura de los cristales, la llamada difractometría de rayos X.

El método de XRD no es considerado el más útil cuando se trata de análisis de metales. Pero se reporta su uso en la análisis de capas delgadas, thin layer o film (del inglés), que significa capas de materiales sólidos en el rango de micro o nanómetros. Estas capas delgadas a menudo exhiben un comportamiento físico como resistencia o conductividad eléctrica entre otras, que difiere del de los cuerpos sólidos del mismo material. De esta manera, también se pueden lograr propiedades que de otro modo no estarían disponibles. Las capas delgadas se utilizan en acabado de superficies y microelectrónica.



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

4.1.3 Examen de la piel de las momias Albert y María

4.1.3.1 Preparación

El análisis de la piel de la momia de Albert se realizó con el microscopio digital Gloptics U1600X para la vista ampliada de una superficie hasta 1600x.

El objetivo principal de la investigación era buscar anomalías como cortes, manchas de pegamento entre otras, para iniciar una investigación detallada de la momia posteriormente con respecto a una falsificación, si la hubiera.

La primera momia analizada fue la de Albert, que se colocó sobre una mesa de examen de tal forma que la parte frontal del cuerpo fue accesible libremente.

Al examinar a la momia María, solo se pudo escanear unas partes de ella con el microscopio mencionado. Sacar la momia de su vitrina implica demasiados riesgos como la caída de partes de los pies.

Para proteger los cuerpos de las momias de la contaminación, se aplicaron las medidas de precaución adecuadas, como el uso de mascarillas, guantes quirúrgicos y mandilones descartables.

4.1.3.2 Procesamiento

En un examen utilizando un microscopio digital portátil, las partes del cuerpo de libre acceso se examinan paso a paso a través del instrumento, y se toman fotografías de varias partes con preferencia de la misma estructura superficial, así como de anomalías y se analizan las imágenes obtenidas en detalle.



Figura 25.

Reptil y detalles de sus escamas epidérmicas de queratina

Fuente: schubu.at, «46. Merkmale der Reptilien».

Figura 26.

Cráneo de momia Albert, aumento 1600x, detalles de la piel con escamas

epidérmicas, en partes cubierta con diatomita. Fuente: Sabine Cremer.



No se pudo examinar en detalle todas las zonas del cuerpo de la momia María por la falta de

soportes para el microscopio que se adaptan al espacio reducido de la vitrina.

Se requiere más micrografías de esta momia, por ejemplo, para el campo de la arqueología, para poder evaluar la superficie con respecto a su naturaleza y características típicas.

4.1.3.3 Resultados

En el análisis posterior del material fotográfico tomado durante el examen, se pudo ver una estructura de piel similar a la de los reptiles, es decir, en forma de escamas.

Cabe destacar que las similitudes se relacionan más con los lagartos de la familia de reptiles Lacertidae dentro del orden Squamata.

Los cocodrilos, por ejemplo, que son considerados reptiles en un sentido más amplio, están más emparentados con las aves que con otros reptiles. Aunque se ha encontrado cocodrilos momificados egipcios de 2500 años de antigüedad, una comparación de esas momias con las de Nasca sería en vano por lo poco que tienen en común.

Figura 27.

Momia Albert, a la izq. boca (se ve unos objetos o tejidos en la cavidad oral); a la derecha dedo de la mano derecha sin huellas dactilares, se nota un color naranja-rojizo en partes de la falange del dedo



Fuente: Sabine Cremer.

Figura 28.

Momia María, punta del dedo de la mano derecha con uña, dos ángulos diferentes, se nota manchas y áreas de color amarillo en esta parte del dedo



Fuente: Sabine Cremer.

Figura 29.

Ojo izquierdo de la momia Albert



Fuente: Sabine Cremer.

Figura 30.

Momia María, punta del dedo del pie izquierdo, se observa manchas marrón-rojizos en partes de la piel y la uña



Fuente: Sabine Cremer.

Como se puede observar en las fotos anteriores, en las momias Albert y María se presenta una piel gris oscura con escamas epidérmicas. Para poder decir con alta probabilidad si la piel de las momias no contiene ni el más mínimo corte o gota de pegamento (sin tener en cuenta el cadmio en este punto), se necesitan más micrografías, que deben tomarse después de que las momias hayan sido completamente limpiadas de la tierra de diatomeas.

Las manchas o áreas color naranja a marrón rojizo que se ve en ciertas partes de la piel de las momias tridáctilas son probablemente resultado de cadmio que se ha encontrado encima de la piel y bajo de la tierra de diatomeas.

Los pigmentos de cadmio son algunos de los pigmentos más duraderos conocidos, poco afectados por la exposición a la luz, extremas condiciones climáticas o el uso en ambientes de temperatura alta. Sulfuro de cadmio (CdS), que es de color amarillo dorado, es el pigmento base de cadmio. Al sustituir zinc por parte del cadmio en CdS, se obtiene una gama de amarillos - oro profundo [1,9 % de sulfuro de zinc (ZnS)], oro y amarillo-limón hasta amarillo-prímula (20% de ZnS).

La sustitución de mercurio por parte del cadmio produce una gama de rojos anaranjados:

naranja intenso [11 % de sulfuro de mercurio (HgS)] a través de rojo claro, rojo medio y rojo oscuro a granate (26,5 % HgS). Los pigmentos que contienen mercurio son menos costosos, pero son menos estable a altas temperaturas y mal tiempo. La sustitución de selenio por parte del azufre en CdS también produce una variedad de rojo anaranjado: naranja claro [15 por ciento de seleniuro de cadmio (CdSe)] a rojo claro, rojo medio y rojo oscuro a granate (65 % CdSe).

Se recomienda un estudio amplio de cadmio para saber con certeza la composición exacta de cadmio en la piel de las momias tridáctilas.

En 1817, Friedrich Stromeyer y Carl Samuel Hermann descubrieron de forma independiente cadmio en carbonato de zinc contaminado. Stromeyer notó que el carbonato de zinc impuro se decoloraba cuando se calentaba: un comportamiento que no mostraba el carbonato de zinc puro. Durante casi 100 años, el metal solo se extraía en Alemania.

Figura 31.

Izq. a der.: vicerrector M. Alarcón, Sabine Cremer, Dr. Hernández juntos a la momia tridáctila Albert.





Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

El cadmio se obtiene como subproducto de la fundición de minerales de zinc y de plomo-zinc. La mayor parte del cadmio se extrae por plantas hidrometalúrgicas de zinc, generalmente denominadas plantas electrolíticas de zinc. Cantidades menores se obtiene por plantas pirometalúrgicas de zinc y por fundiciones de plomo que procesan minerales de plomo-zinc. El procesamiento de zinc se basa en la reducción del metal a partir de óxidos. Los concentrados de zinc, que son sulfuros, y típicamente contienen de 0,5 a 1,5 por ciento de cadmio, primero se tuestan para convertir los minerales en óxidos y cantidades menores de sulfatos.

Lo anterior mencionado lleva a la pregunta cómo se habían obtenido el cadmio que cubre a las momias en la antigüedad, hace aproximadamente 600 hasta 1700 años. A largo de la historia se pierde cierto conocimiento humano, como muestran los casos de la batería de Bagdad y el cemento romano. A otro lado no se ha encontrado ninguna otra momia en terreno peruano con rastros de cadmio hasta hoy en día, por lo menos no hay reporte del hecho.

4.2 Examen II

El mes de junio 2023 se realizó una nueva extracción de muestras de una de las momias (momia de nombre Edgarda) y de una mano suelta en la presencia y por partes del equipo de investigadores de la UNI y de la universidad de Ica Luis Gonzaga. Las muestras extraídas fueron 3, una muestra metálica extraída del pecho de la momia Edgarda y una muestra de polvo mineral extraída de su recubrimiento, además una muestra de la mano suelta tridáctila. Las tres muestras fueron sometidas a análisis químicos por XRD y fluorescencia de rayos X, para poder conocer su composición química y extraer algún tipo de información que inicialmente no fue tomado en consideración. También se realizó la búsqueda bibliográfica de las posibles procedencias de las muestras analizadas según el punto de vista geológico.

Figura 32.

Momia Edgarda con implantes metálicos, antes de extracción de la muestra



Figura 33.

Momia Edgarda. Extracción de la muestra.



Figura 34. Mano suelta con implante



Figura 35.

Implante de la mano suelta después de la extracción de la muestra



4.2.1 Muestras y materiales

Figura 36. Tabla, descripción de las muestras y el análisis químico realizado.

Muestra	Tipo de muestra	Análisis
Edgarga pecho	Metal	Fluorescencia de rayos X
Edgarda mano	Metal	con energía dispersiva.
Recubrimiento de edgarda	Polvo mineral	Difracción de rayos X

Se realizó los análisis de composición química bajo dos técnicas a las tres muestras extraídas, (tabla N°1) por el laboratorio LABICER (de la facultad de ciencias de la universidad nacional

de ingeniería), para lo cual se utilizaron los equipos de espectrofotómetro de fluorescencia de rayos X EDX 800 HS marca Shimadzu (ver figura N°1), y el difractómetro de rayos X marca Panalytical (ver figura N°2).

a. Análisis de composición química de las muestras de metal por fluorescencia de rayos X

Este análisis permite tener información cualitativa y semi cuantitativa de la composición química de una muestra sólida, su principio de análisis es medir la caída de energía de los átomos cuando son excitados por un haz de rayos X. La principal ventaja de este análisis es que es un análisis multi elemental y de forma rápida en una muestra casi sin tratamiento previo, la técnica indicada para los propósitos ya que las muestras metálicas extraídas no contaban con una superficie muy grande. Este análisis tiene como desventaja que solo analiza metales que se encuentren en el rango del sodio al uranio en la tabla periódica, por lo tanto los metales livianos no podrán ser detectados bajo esta técnica.



Figura 37. Equipo de fluorescencia de rayos X con energía dispersiva.

Figura 38. Resultados del análisis de composición química por fluorescencia de rayos X en la muestra metálica de Edgardo pecho.

Elemento	Resultados	Método de análisis
Plata, Ag	89.88	
Calcio, Ca	3.61	
Cobre, Cu	3.06	
Silicio, Si	1.86	
Azufre, S	0.78	
Hierro, Fe	0.45	
Plomo, Pb	0.20	
Fosforo, P	0.16	
		Fluorescencia de rayos X



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

Figura 39. Tabla de resultados del análisis de composición química por fluorescencia de rayos X en la muestra metálica de la mano suelta tridactila.

Elemento	Resultados	Método de análisis
Plata, Ag	62.74	
Cobre, Cu	34.33	
Oro, Au	1.31	
Fosforo, P	0.57	
Azufre, S	0.44	Fluorescencia de rayos X
Silicio, Si	0.31	
Tungsteno, W	0.26	
Rubidio, Rb	0.04	

Ambas muestras tienen una matriz a base de plata y varían considerablemente en el contenido de cobre, la muestra extraída de la manos suelta tiene una concentración de cobre de más de 30 % en comparación a la muestra extraída del pecho de la momia. La plata esterlina es la aleación que más se asemeja en composición química a la muestra metálica extraída del pecho de la momia Edgarda (92.5 % Ag y 7.0 % de Cu). Se sabe que en una aleación Cu-Ag el contenido de cobre de hasta 25-30 % en peso aumenta la dureza y la resistencia y reduce moderadamente la ductilidad y la conductividad eléctrica. Más allá de este porcentaje en peso, el cobre disminuye la resistencia a la oxidación de la plata e intensifica el deslustre por el sulfuro de hidrógeno o el dióxido de azufre.

b. Análisis de composición química de la muestra en polvo por difracción de rayos X

Es el único análisis que puede dar información sobre la composición química en forma de fases cristalinas por medio del análisis del difractograma de una muestra. Para realizar la cuantificación de las fases cristalinas de la muestra se utilizó el software High score bajo el principio de refinamiento Rietveld utilizando la biblioteca PDF-4 + 2023 (actualmente la base de datos cristalográficos más completos del mercado). Este análisis nos permite conocer la composición mineralógica de una muestra, pero solo de las fases cristalinas, no se puede cuantificar el material amorfo de la misma.



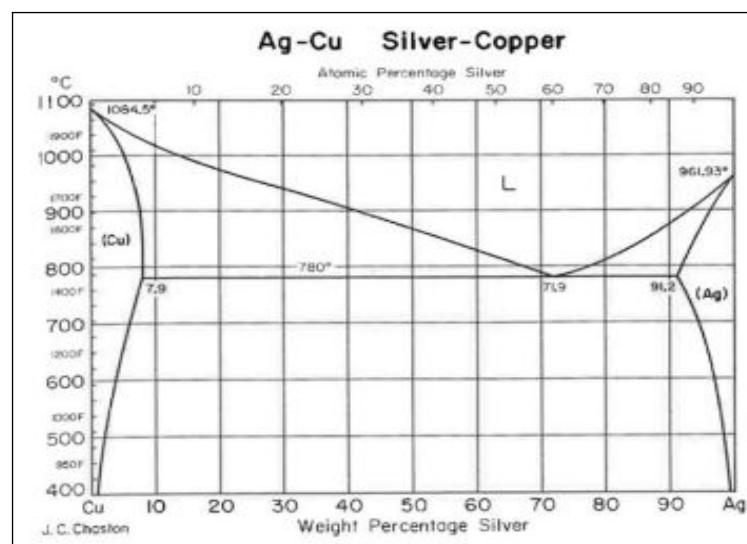
Figura 40. Difractómetro de rayos X.

Figura 41.

Resultados del análisis de composición química de la muestra de polvo mineral.

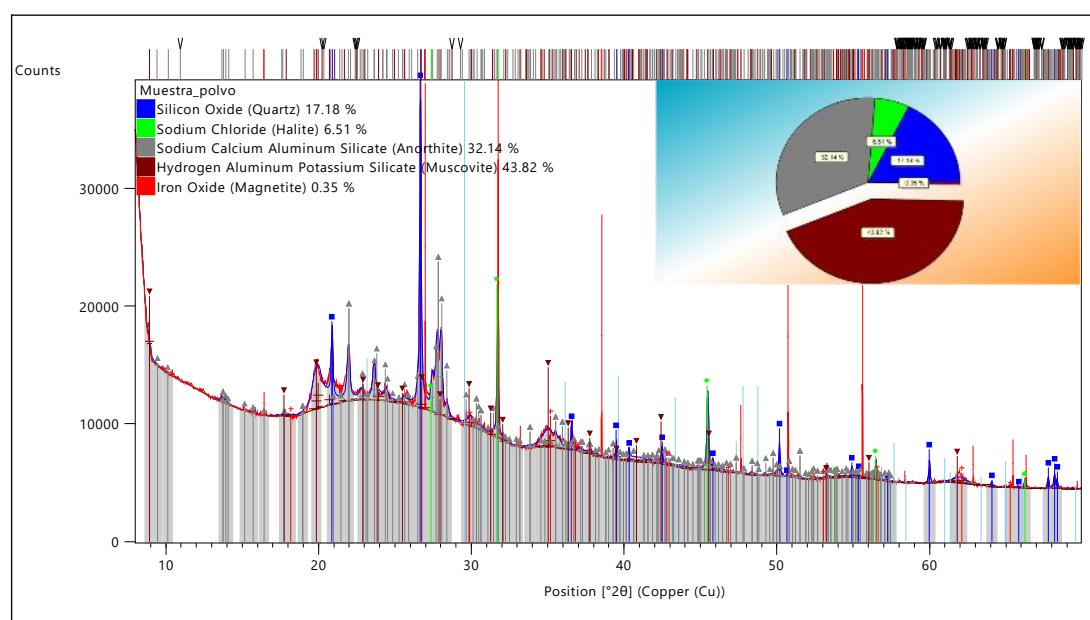
Compuesto	Formula	Resultados	Método de análisis
Óxido de silicio (cuarzo)	SiO ₂	17.18	
Cloruro de sodio (halita)	NaCl	6.51	
Silicato de aluminio, calcio y sodio (anortita)	Na _{0.482} Ca _{0.518} Al _{1.518} Si _{2.482} O ₈	32.14	Difracción de rayos X
Silicato de aluminio, hidrógeno y potasio (moscovita)	H ₂ KAl ₃ (SiO ₄) ₃	43.82	
Óxido de hierro (magnetita)	Fe ₃ O ₄	0.35	

Figura 42. Diagrama de fases de la aleación Cobre – plata.



La muestra mineral tiene un gran contenido de silicatos y presencia de cloruro de sodio que es de esperarse debido al origen de la muestra, de su difractometro lo más resaltante es la presencia de material amorfio que se puede evidenciar en las gruesas bandas y elevado fondo del espectro este material amorfio puede tener varios orígenes, desde orgánicos hasta silicatos amorfos.

Figura 43. Difractograma de la muestra de polvo mineral.



4.2.2 Enfoque geológico

4.2.2.1 Momias tridáctilas de Nazca y su relación con los diversos ambientes geológicos

En relación a los resultados presentados por INGEMMET en estudios previos, se determinó la presencia de rocas del tipo areniscas calcáreas. La arenisca, una roca sedimentaria cuya composición química es la misma que la de la arena, por lo tanto la roca está compuesta esencialmente de cuarzo, también se podría encontrar pequeñas cantidades de feldespato y otros minerales. El material cementador que une a los granos de la arenisca suele estar compuesto de sílice, carbonato de calcio u óxido de hierro. Su color viene determinado por el material cementador; por ejemplo, el carbonato de calcio produce areniscas blancas, similares a los encontrados en las momias la cual presenta contenidos de Ca, C, O, el cual corresponde al mineral de calcita (CaCO_3), debido a que los granos analizados se encuentran dispuestos sobre una matriz de calcita. Tarbuck y Lutgens (2005).

Es posible correlacionarlo de acuerdo a su ubicación y la presencia de diatomitas una formacion geologica con su respectivo ambiente de depositación, lo cual nos permitiria explicar la presencia de elementos quimicos en las “Momias de Nazca”.

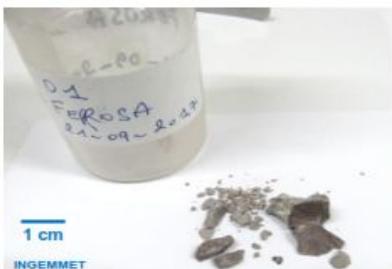
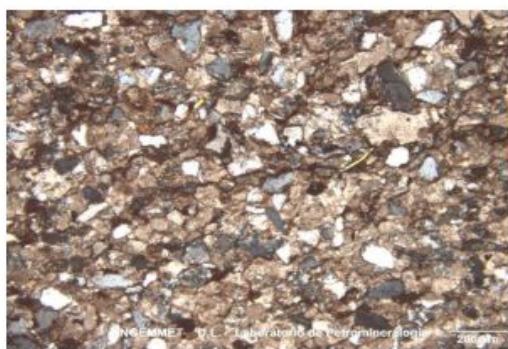
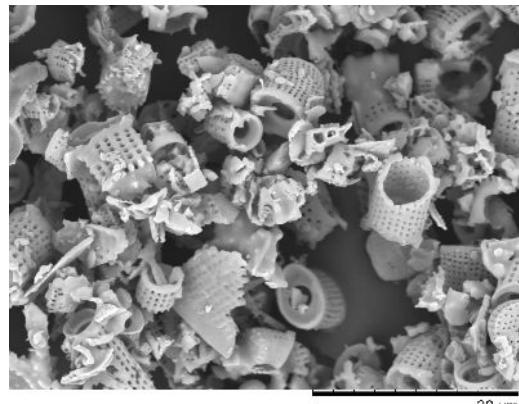
Tipo de Estudio: Petrográfico	
<p>Resumen:</p> <p>La roca se clasifica como una Arenisca Calcárea, compuesta por minerales como cuarzo, plagioclásas, feldespatos potásicos, y fragmentos de carbonatos.</p> 	

Figura 44. Estudios petrográficos previos realizados por INGEMMET (2017).



30 µm

Figura 45. Izq. Muestra de arenisca calcarea, con características similares a lo presentado en INGEMMET. Der. Imagen microscópico de diatomeas (foto: David Siodlak)

Las diatomeas o tierra de diatomeas es una silícea, formada por microfosiles de diatomeas, que son algas acuáticas unicelulares que secretan un esqueleto silíceo y pertenecen a un grupo diverso y muy grande de algas que se encuentran flotando en las aguas marinas y de los lagos. La diatomita es una roca sedimentaria que se presenta en colores claros, es friable debido a que se compone en su mayoría por restos esqueléticos de diatomeas, por lo que su porcentaje de sílice es alto, además, es una roca altamente porosa, de peso específico o densidad baja y con un tamaño de partícula muy fino.

Se puede correlacionar este tipo de rocas a la Formación Pisco, la cual presenta este tipo de composición, una secuencia litológica de color blanco, consistente en diatomitas, con intercalaciones de areniscas tobáceas y lutitas, presente desde el río Pisco hasta Camaná. Los niveles estudiados consisten en su mayoría de diatomita blanca y ligeramente amarilla con laminaciones intercalada con niveles detríticos finos. La formación Pisco (Mioceno Mediano-Plioceno) corresponde a la última gran secuencia de sedimentación, siendo su ambiente de deposición marino costero. Las capas de esta formación han sido interpretadas como resultado de una trasgresión marina bastante extendida (Muizon & Bellon, 1980; Sebrier, 1982).

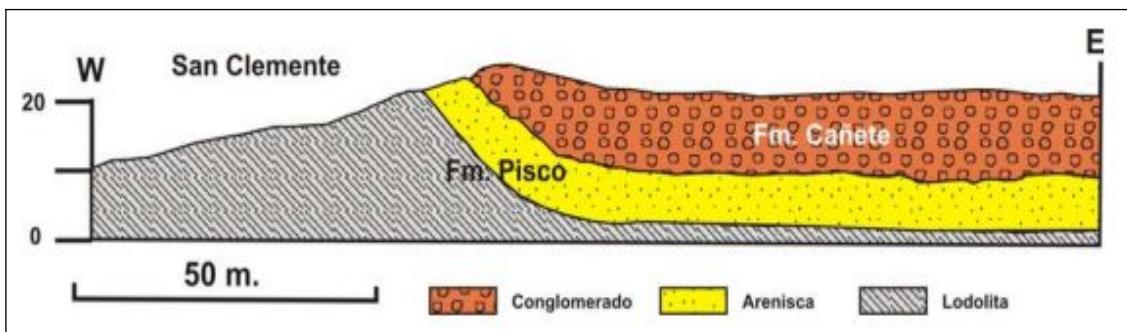


Figura 46. Corte geológico de la Formación Pisco compuesto principalmente por areniscas.

Los afloramientos de diatomitas se registran en la parte superior de la Formación Pisco de los cuadrángulos de Palpa y Lomitas (cerros Terrestrial, Pampa Las Salinas, Pan de Azúcar, Pampa de Coyungo, La Tiza, Las Brujas, etc.), posiblemente los lugares de ubicación de las momias por la abundante presencia de diatomitas.

4.2.3 Conclusiones

Se podría deducir que la pieza metálica extraída del pecho de la momia Edgarda tiene mejores propiedades mecánicas que la pieza extraída de la mano suelta y esta última presenta menor resistencia a la oxidación. Acerca del proceso de orfebrería de la plata algunos investigadores y cronistas mencionan que en el antiguo Perú solo se trabajaba con plata nativa y otros hacen referencia a que se realizaban procesos de purificación a partir de la querargirita, pero investigando la metalurgia en el sur de nuestro país se sabe que la plata y el cobre aparecen de forma nativa en cantidad solo en los períodos Medio y Tardío. Esto probablemente se deba a que la plata nativa se encontraba con poca frecuencia en la superficie y se obtenía mediante una especie de fundición tosca. La plata y el cobre debieron ser raros hasta que este proceso de fundición fue descubierto por los habitantes de las tierras altas. Muchas de las principales minas de plata de los incas parecen haber estado en el centro de Bolivia, pero la mayor parte de la plata en las cercanías de Ica contiene plomo, y aunque solo una de las muestras contenga plomo, el contenido de plomo puede ser indicios de que la plata proviene de la región de Ica o de un proceso de copelación ineficiente. El contenido de azufre en las dos muestras nos puede dar una idea de que la plata analizada pueda venir de un mineral sulfurado. Según William C. Raíz, las aleaciones de plata con un



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

contenido de mas del 20 % de cobre son aleaciones sintéticas o que no se encuentran de forma natural en menas, tal vez una evidencia que las mezclas obtenidas de estos metales fueron aleadas de forma intencional o una aleación desconocida con propiedades aun no estudiadas, aunque no se puede deducir en si cuál de las proposiciones es la correcta.

En el diagrama de fases de la plata y el cobre esta aleación presenta su punto eutéctico en 28.1 % de cobre con lo cual se obtiene una aleación de bajo punto de fusión, la muestra metálica proveniente de la mano suelta tiene una concentración por debajo del eutéctico lo que debería formar en la superficie del metal laminar de color amarillento o color cobre debido a que estos metales son casi insolubles en fase sólida. El contenido restante en las aleaciones es materia de discusión ya que pueden tratarse de impurezas propias del mineral de origen o de un origen aun no estudiado.

Considerando las diatomitas, la secuencia refleja eventos en un medio marino de plataforma síliciclástica asignados a la Formación Pisco (Adams, 1906), correspondientes a la cuenca del mismo nombre en su borde oriental. En estos niveles se han reconocido diatomeas características del Mioceno inferior.

Figura 47. Equipo de investigación Junio 2023. Izq. a der.: Irvin Zúñiga Almora, Sabine Cremer, Pedro Toribio Pando, Roger Zúñiga Áviles juntos a la momia tridáctila Edgarda y la mano suelta.





5 REFLEXIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Clasificación epistemológica del propio trabajo de investigación

Al tratarse de diferentes enfoques de la teoría de la ciencia, el trabajo de investigación puede clasificarse principalmente en el método-epistemología relativista-pluralista. En opinión de algunos importantes científicos, las aproximaciones al conocimiento no están sujetas a un valor fijo. La consideración de la historia de la ciencia permite concluir que la adquisición y el cambio del conocimiento no siempre se ha producido de acuerdo con principios científico-teóricos en el pasado, sino eludiendo estos métodos y, por lo tanto, tuvo éxito de manera anárquica, por así decirlo. Un ejemplo es Galileo Galilei, quien, tal como lo entendemos hoy, trabajaba de una manera bastante especulativa. La ciencia no se define siguiendo reglas específicas, pero la investigación debe ser independiente y neutral. Ha resultado exitoso romper con ciertos métodos en ciertos momentos para que surja el progreso y el conocimiento. La adquisición de conocimientos no debe estar restringida por pautas rígidas que posiblemente dejen de lado la intuición y la creatividad.

5.2 Potencial de la investigación

Lo nuevo de nuestro proyecto de investigación era el enfoque intelectual de considerar con igual justificación los antiguos hallazgos y los resultados que arrojó el descubrimiento de las momias de Nazca. La subestimación de los resultados de análisis ya logrados y la conservación escrita a veces inadecuada de la memoria cultural en archivos impiden el desarrollo holístico de una fuerte (auto)conciencia cultural hasta el día de hoy. La referencia a las propias raíces culturales es crucial para desarrollar una identidad cultural distintiva y, por lo tanto, una autoconfianza cultural.

Esto tenía implicaciones para nuestra investigación, cuyo resultado debía ser llegar de manera independiente y neutral a las formulaciones adecuadas sobre la autenticidad de las momias de Nasca. En esto jugaron un papel importante los implantes, un análisis preciso de los mismos permitirá conocer qué técnicas se utilizaron en su desarrollo, si son conocidas o totalmente desconocidas, antiguas o más recientes.



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

5.3 Contribución a la ciencia

El proyecto de investigación brindará datos básicos importantes sobre los temas de lo inexplicable, lo desconocido y lo entendido en la investigación inicial de manera exploratoria y desde un punto de vista empírico. Sobre la base de estos datos, se desarrollan enfoques para enseñar información y habilidades de investigación.

En base a los datos obtenidos y las experiencias realizadas, nos gustaría contribuir lo siguiente como resultado del proyecto:

- Presentación de los datos obtenidos ante el mundo científico/instituciones nacionales y/o internacionales
- Distribución de los datos en los medios científicos correspondientes
- Promoción o generación de convenios de cooperación científica y/o académica con instituciones nacionales o internacionales.
- Promoción o generación de intercambio o movilidad académica con instituciones nacionales o internacionales.
- Representación de la Institución como experto académico/profesional en medios de comunicación nacionales o internacionales

Figura 48.

x-ray del esceleto de la momia Josefina con implante pectoral

Fuente: *Alien Project – GAIA*.



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Perú
Teléfono: 381-5630/ Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4207
Email: investigacionfigmm@uni.edu.pe

Escuelas Profesionales de Ingeniería acreditadas por:



Engineering
Accreditation
Commission



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

BIBLIOGRAFÍA

1. Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory, Miami, Florida, USA: Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years (Main, Maria) - May 2017
2. Lakehead University, Canada: Archivo #: SER066-17, 26 de Enero de 2018.
3. Instituto de Física UNAM: REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON 14C - Diciembre 2016
4. Caribbean Trace Genetics and Archaeobiology: RADIOCARBON ANALYSIS REPORT - 13 de Julio de 2017
5. GENETECH Sri Lanka: PRELIMINARY REPORT Ancient DNA - October 16th 2017
6. INGEMMET: Síntesis de Análisis de Informes (entre otros: Implante de metal de Josefina, implante metálico anular de una mano tridáctila, implante metálico de una mano tridáctila, Implante de metal em la cadera de Alberto, objeto metálico en forma de cruz) - Noviembre 2018
7. Abraxas Biosystems: Genomic and Bioinformatic analysis of high throughput DNA sequencing of samples extracted from desiccated bodies found at Nazca - Noviembre 2017
8. Perfil genético - análisis autosómico, amplificación de repetición en tandem corta por reacción en cadena de la polimerasa PCR) Paleo-DNA Laboratory, 1294 Balmoral Street, Thunder Bay, ON, P7B 5Z5 Canadá, febrero de 2018
9. INGEMMET. *Estudio Por Microscopía Electrónica De Barrido (Meb)*. 15 de febrero del 2017.
10. Asencio, E. [1586] (1921) Memorial de la fundación de la provincia de Santafé del Nuevo Reino de Granada del orden de San Francisco. Cap. XXXIII. Madrid. OEM.
11. Azuero Gutiérrez, C. (2003) *Propuesta de Manejo Integral para las momias del Museo Arqueológico de Sogamoso*. Trabajo de Grado. Facultad de Restauración de Bienes Muebles. Bogotá. Universidad Externado de Colombia.
12. Cardale, M. (1993) *El Arte del Tejido en el País de Guane*. Bucaramanga. Banco de la República.
13. Cárdenas Arroyo, F. (1989) *La Momificación Indígena en Colombia*. En: Boletín Museo del Oro. No. 24. Bogotá. Banco de la República.
14. (1990a) *La momia de Pisba*. En: Boletín Museo del Oro. No. 27, p.p. 2-13.
15. (1990b) *Moque, momias y santuarios: Una planta en contexto ritual*. Revista de Antropología y Arqueología. Vol. 6, No 2. p. p. 37-59.
16. (1990c) *El enmochilado de Chiscas: un caso de momificación en el siglo XVIII D.C. para la antropología física actual*. Bogotá. Memorias V Congreso Nacional de Antropología, ICAN-Uniandes, p.p. 235-249.
17. (1991) *Las momias de los Muiscas*. En: Apuntes de a Bordo No. 151, p.p. 60-62.
18. (1993) *Bioantropología del pasado*. Innovación y Ciencia. Vol. 11 No. 2, p.p. 52- 59.
19. Et Al. (1998) Mummies, Disease and Ancient Cultures. Cockburn, Aidan; Eve Cockburn



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

- y Theodore Allen Reyman (Edit.) Cambridge. Cambridge University Press,
20. Cieza, P. [1553] (2009) *El señorío de los Incas*. Barcelona. Red Ediciones.
21. Ciorán, E. (1980) *Silogismos de la amargura*. Caracas. Monte Ávila Editores.
22. Cobo, B. [1653] (1956) *Historia del Nuevo Mundo*. Estudio preliminar de P. Francisco Mateos. Madrid. Biblioteca de Autores españoles.
23. Córdova González, J y Bernal Peralta, J. (2001) *Fascinación por las momias, reforzamiento de la vida*. En: Chungará (Arica) Vol.33, No.1.
24. Correa Rubio, F. (2004) *El Sol del poder. Simbología y política entre los muiscas del Norte de los Andes*. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
25. Falchetti, A. (1997) La Ofrenda y la Semilla. Notas sobre el simbolismo del oro entre los U'was. En Boletín Museo del Oro No. 43, julio-diciembre 1997, p.p. 3-38.
26. Isbell, W. H. (1997) Mummies and Mortuary Monuments: A Postprocessual Prehistory of Central Andean Social organization, Austin, University of Texas Press.
27. Isidro, A. (2006) Las momias: tipología, historia y patología. En: Revista Española de Antropología Física No 26 p. p. 37-62
28. Houston, S. D. y Cummins, T. (2004) *Body, Presence, and Space in Andean and Mesoamerican Rulership*.
29. En: Susan Toby Evans and Joanne Pillsbury, Editores. *Palaces of the Ancient New World. A Symposium at Dumbarton Oaks. 10th and 11th October 1998*. Washington, D.C., Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
30. Jiménez, G. Epitome de la Conquista del Nuevo Reino de Granada. En: Tovar Pinzón, H. (1992). *Relaciones y Visitas a los Andes S. XVI. T. III, Región Centro-Oriental*. Bogotá. Biblioteca Nacional.
31. Langebaek, C y Londoño E. (1988) *Santuarios indígenas en el repartimiento de Iguaque, Boyacá. Transcripción de un documento de 1595 del Archivo Histórico Nacional de Colombia*. En: Revista de Antropología. Universidad de los Andes. Vol. IV, N°2, p.p. 215-252.
32. Langebaek, C. (2003) *Arqueología Colombiana. Ciencia, Pasado y Exclusión*. Bogotá. Colciencias.
33. Langman J. (2001) *Mudos testigos del desierto. Prácticas mortuorias de la civilización Chinchorra del área del desierto de Atacama en Chile*. En: Américas (Spanish Edition). No 53 p. p. 1-4
34. Petersen G. Georg, William E. Brooks, *Mining and Metallurgy in Ancient Peru*
35. Sean P. Modesto, Jason S. Anderson: *The phylogenetic definition of Reptilia*. Systematic Biology. Bd.53, Nr.5, 2004
36. dtv-Atlas Chemie, toma 1, dtv-Verlag (2000)
37. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, *MINERAL COMMODITY PROFILES CADMIUM* by W.C. Buterman and Jozef Plachy Reston, VA Open-File Report 02-238



Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Unidad de Investigación

38. <https://www.ig.com/de/nachrichten-und-trading-ideen/die-teuersten-metalle-der-welt-220901#:~:text=14-,Osmium,kostet%20rund%201.869%2C48%20Euro>.
39. Aglaja Przyborski, Monika Wohlrab-Sahr, *Qualitative Sozialforschung*, Ein Arbeitsbuch, Verlag De Gruyter Oldenbourg (2021)
40. Karl Mannheim, Ralf Bohnsack, *Bildinterpretation und dokumentarische Methode* (La interpretación de imágenes y el método documental), Zeitschriftenartikel (2008)
41. Fernandez, J. P. (s.f.). Tajo principal de mina Justa tendrá 2 km de largo por 1,5 km de ancho, y 500 m de profundidad. Energiminas. <https://energiminas.com/tajo-principal-de-mina-justa-tendra-2-km-de-largo-por-15-km-de-ancho-y-500-m-de-profundidad/>
42. Minerandina comunicaciones. (2022). Minería Condestable en Búsqueda del Tajo Abierto. (Vol. XXVI N° 1257), 1257 – 1258.
43. <https://static1.squarespace.com/static/5a947a41b98a78645551dd00/t/633e31fdfa11de1cebd13edc/1665020415409/mine-1257-1258-condestable+en+b%C3%9asqueda+del+tajo+abierto.pdf>
44. Juárez, R. (2016). *Geología y categorización de recursos geológicos mineros de la mina condestable, Mala Lima* [tesis de titulación]. Universidad Nacional Abad del Cuzco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/2380/253T20160367.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
45. Montoya, M.; García, W. & Caldas, J., eds. (1993) – Geología de los cuadrángulos de Lomitas, Palpa, Nazca y Puquio. INGEMMET. Boletín No 53, Serie A: Carta Geológica Nacional, 41.
46. Philip J. Potts; Peter C. Webb (1992). Espectrometría de fluorescencia de rayos X., 44(1-3), 251–296. doi:10.1016/0375-6742(92)90052-A
47. Reti, A. (2001). Enciclopedia de Materiales: Ciencia y Tecnología || Plata: Aleaciones, Propiedades y Aplicaciones. , (), 8618–8621. doi:10.1016/B0-08-043152-6/01536-9
48. William C. Raíz (1949). La Metalurgia de la Costa Sur del Perú. Antigüedad americana, 15(1), 10–37. doi:10.2307/276954
49. Lechtman, Heather (1976). Estudio de un sitio metalúrgico en los Andes peruanos. Revista de arqueología de campo, 3 (1), 1–42. doi:10.1179/009346976791547995
50. Salvador Rovira, «La metalurgia inca: estudio a partir de las colecciones del Museo de América de Madrid», Bulletin de l'Institut français d'études andines [En línea], 46 (1) | 2017, Publicado el 08 abril 2017, consultado el 24 julio 2023. URL: <http://journals.openedition.org/bifea/8155>; DOI: <https://doi.org/10.4000/bifea.8155>