



Caracterización química de pigmentos de la cerámica del Periodo Intermedio Tardío y Horizonte Tardío (Temporadas 2002 y 2003), mediante FRXp y LIBS del Sitio Arqueológico Choquepukio, Cuenca de Lucre, Cusco.

Proyecto de investigación de colecciones y fondos museográficos administrados por el Ministerio de Cultura

Dirección: Dra. Celina Luizar Obregón

Tesista: Bach. Sandra Pierina Villena Sulli

Contenido

1. Resumen	3
2. Antecedentes, problemática y objetivos	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Estudios de pigmentos en la cerámica Lucre, Killke e Inca	7
2.2. Problemática	8
2.3. Objetivos	9
3. Metodología aplicada en el desarrollo de la investigación	9
3.1. Registro fotográfico y Criterio de codificación de las muestras	9
3.2. Metodología del análisis por FRXp	13
3.3. Metodología del análisis por LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy)	14
3.4. Puntos de medición por FRX y LIBS	16
4. Resultados de la investigación	21
4.1. Análisis por Fluorescencia de Rayos X	21
4.1.1. Composición elemental de la cerámica Lucre	21
4.1.2. Composición elemental de la cerámica Killke	27
4.1.3. Composición elemental de la cerámica Inca	32
4.1.5. Comparación de pigmentos Blancos	40
4.1.6. Comparación de los pigmentos Negros	41
4.1.7. Comparación de los pigmentos Rojos	42
4.1.8. Comparación de los pigmentos Marrones	42
4.2. Análisis por LIBS	43
4.3. Análisis de la Pasta matriz por microscopio DinoCapture 2.0	46
5. Acciones de conservación preventiva	48
6. Conclusiones y recomendaciones	50
7. Equipo de investigadores y responsabilidades	54
8. Inventario de bienes culturales muebles investigados	54
9. Medios de difusión de la investigación	63
10. Bibliografía	63
11. Archivo fotográfico del proceso de trabajo y de los bienes culturales muebles investigados.	66

Caracterización química de pigmentos de la cerámica del Periodo Intermedio Tardío y Horizonte Tardío (Temporadas 2002 y 2003), mediante FRXp y LIBS del Sitio Arqueológico Choquepukio, Cuenca de Lucre, Cusco.

Bajo la modalidad de Autorización de proyectos de investigación de colecciones y fondos museográficos administrados por el Ministerio de Cultura, se elabora e ingresa a través de la plataforma virtual el expediente correspondiente al proyecto de tesis titulado "Caracterización química de pigmentos de la cerámica del Periodo Intermedio Tardío y Horizonte Tardío (Temporadas 2002 y 2003), mediante FRXp y LIBS del Sitio Arqueológico Choquepukio, Cuenca de Lucre, Cusco."

El 08 de marzo de 2024 se emite la Resolución Directoral N° 000021-2024-DGM-VMPCIC/MC, que autoriza el inicio del proyecto por un período de dos (02) meses bajo la dirección de la Dra. Celina Luizar Obregón, coasesora de la tesis mencionada. Debido a contratiempos, se solicita por única vez la ampliación por el plazo autorizado, y el 06 de mayo de 2024 se emite la segunda Resolución Directoral N° 000049-2024-DGM-VMPCIC/MC que la aprueba por dos (02) meses adicionales.

En este sentido, tras realizar la exposición documental correspondiente al presente proyecto, y concluido el período de autorización, se procede a detallar a la Dirección General de Museos y a la Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco el informe de resultados en idioma español, respetando el esquema establecido en el Artículo 48-A.9 del D.S N°007-2020-MC.

1. Resumen

Este proyecto se orienta a complementar el corpus científico acumulado a la fecha, mediante la caracterización química de pigmentos de los estilos cerámicos Lucre, Killke e Inca excepcionalmente del sitio arqueológico sui generis de Choquepukio, por las particularidades del registro arqueológico que ofrece el sitio.

2. Antecedentes, problemática y objetivos

2.1. Antecedentes

Las continuas prospecciones y excavaciones arqueológicas permitieron el estudio de la diversidad cultural formada en el Periodo Intermedio Tardío tras el colapso Wari. Particularmente en la región del Cusco se distinguieron producciones heterogéneas de cerámica (algunos con evidencia de los propios talleres) vinculados a través de motivos decorativos, como el estilo Killke predominante en la cuenca del Cusco y el estilo Lucre recientemente abordado (Cruz & Trujillo, 2023) en la cuenca del mismo nombre.

La única arquitectura monumental subsistente del Periodo Intermedio Tardío se encuentra en el sitio arqueológico de Choquepukio, su edificación comenzó poco después de que la construcción del sitio Wari de Pikillaqta cesara alrededor de 1000 d.C., fue la sede de una entidad política compleja (McEwan et al., 2005) asociado al material cultural de estilo Lucre por su abundancia; asimismo se registró cerámica del estilo Killke coligado contextualmente, pero en menor cantidad. Posteriormente en el Horizonte Tardío los Incas reocuparon el sitio, sin deshacer la arquitectura anterior, siguiendo un programa ritual que consistió en rellenar un pozo central en el patio de la estructura B1 (y probablemente de la misma manera en la estructura B2) con abundantes vasijas rotas de estilo Killke y Lucre (ibíd., pág. 269-273), es preciso comentar al respecto que, el insertar y combinar materiales antiguos significativos o "ancestros" marca al lugar como especial y sagrado (véase Kosiba, 2019), aunque el carácter sacro del lugar se distingue arqueológicamente

por diversas evidencias desde el Periodo Intermedio Temprano (Gibaja, 1998, págs. 21-30).

Conforme a lo antedicho e intensivas temporadas de excavación, Choquepukio contiene elementos culturales de interés para múltiples estudios, algunos de los cuales se enfocaron en esclarecer un origen y desarrollo del gobierno Inca, a través de un modelo de sucesión administrativo, político, económico, etc. Aunque generar una primera hipótesis de sucesión requiere considerar estudios territoriales individuales, es decir, generar mayor registro en diferentes establecimientos geográficos para desarrollar un principio con mayor fundamento. Objetivamente el análisis del material cerámico generó mayores luces, por ejemplo, Ixer y Lunt (1991), Chatfield (1998) y Ixer, Lunt, Sillar y Thompson (2014). De esta manera la investigación pretende abordar particularmente el S.A de Choquepukio como un hito en la investigación para una completaría categoría de información en la cerámica, por contener precisamente colecciones principales de los estilos cerámicos Lucre, Killke e Inca, y porque su ubicación fue favorable para la producción de la misma, como lo evidencia el descubrimiento de talleres en contextos del establecimiento Inca (Gibaja, 1995; 1996; 1998; 1999).

Es pertinente realizar una división en este apartado para exponer primero acerca del registro arqueológico del estilo Lucre, Killke e Inca y luego los estudios efectuados específicamente en los pigmentos de los tres estilos cerámicos, lo cual permitirá establecer el eje del estudio.

- **Estilo cerámico Lucre**

Fue registrado en excavaciones de la actual ciudad del Cusco en asociación con cerámica Killke (véase Covey, 2003; Farrington, 2013), pero los mayores hallazgos se realizaron hacia el sureste dentro de la cuenca de Lucre, por lo que lleva el nombre, en los sitios arqueológicos de Choquepuquio y Minaspatha, su distribución llega hasta Raqchi en San Pedro de Cacha (McEwan et al., 2002).

Descrito primero por Chávez Ballón asociado con cerámica Wari en sus excavaciones de Batan Urqo (Rowe J., 1956, pág. 142), por lo que hasta el siglo XIX el estilo cerámico Lucre se clasificaba dentro del Horizonte Medio y adicionalmente se dividió en dos variantes: Lucre B cercana a estilos Wari o más bien su imitación local y Lucre A similar al estilo Killke e Inca A descrito por Rowe (McEwan, 1984, pág. 13). Ambas proposiciones son aclaradas a la fecha y esta última puesta en suspenso.

Las excavaciones en Choquepukio demostraron que efectivamente la cerámica Wari influyó en el desarrollo del estilo Lucre, pero no fueron contemporáneos excepto al final del Horizonte Medio (G. McEwan, comunicación personal, 2022). Por otro lado, sobre la división de variantes, en 1987 para S. Lunt, los tiestos Lucre A y Lucre B le parecían idénticos, más adelante Thomas Hardy advierte: “considerarlos como un dispositivo heurístico útil en lugar de una firma tipología, se necesita mucha más investigación para determinar completamente el grado en que estas dos categorías son analíticamente confiables” (2019, pág. 414). Inclusive para McEwan, sobre la experiencia de considerables excavaciones, no cree que haya una línea divisoria, es todo el mismo estilo con mucha variedad (Comunicación personal, 2022).

Sobre su caracterización, un estudio reciente por J. Cruz y R. Trujillo (2023) examinó 965 fragmentos cerámicos Lucre del sitio arqueológico de Choquepukio logrando reconocer las 05 formas frecuentes, 16 motivos decorativos y 05 variantes de grupos de pasta mediante FRX y MDP y atributos tecnológicos presentes.

En suma, la cerámica de estilo Lucre se caracteriza por una pasta marrón, marrón claro, color ladrillo o gris (de acuerdo a la cocción), la superficie interior de las vasijas presenta huellas de engobado, alisado, brochado, bruñido y pulido (ibíd.). Los cantaros y jarras de cuello restringido son mucho más comunes y de mayor tamaño que en periodos anteriores (Hardy, 2019), en relación a ello, un estudio petrográfico de fragmentos de estilo Lucre sugiere que la mayoría fueron elaborados con andesita triturada añadida como temple, sus características forman un fuerte enlace con la arcilla lo que es particularmente beneficioso para la producción de grandes vasijas (Ixer & Lunt, 1991, pág. 160), tecnología análoga a la estandarizada cerámica Inca del Cusco (Ixer, R. et al, 2014, pág. 126).

En cuanto a la decoración emplearon pigmentos rojo, negro, marrón y blanco; comprende diseños geométricos, lineales, de bandas, disposiciones de cuadrículas que suelen contener diferentes motivos al interior, rombos, guiones, representaciones de camélidos, entre otros (consúltese Cruz & Trujillo, 2023), como motivos equivalentes a diseños Wari y aunque comparten cierto tipo de decoración con la cerámica Killke, difieren en ejecución y disposición (Chatfield, 2007; Hardy, 2019). El motivo diagnóstico “llave” está presente en vasos, jarras, cantaros y cantaros cara-cuello, consiste en un círculo abierto conectado a un tallo con múltiples barras transversales ejecutadas en rojo con un contorno negro (Chatfield, 2007, pág. 260).

- **Estilo cerámico Killke**

Simultáneamente en el Periodo Intermedio Tardío en la cercana cuenca del Cusco fue dominante otro estilo cerámico nombrado Killke, epónimo al cerro Killke (Rowe, 1944). Por su extensa distribución y por estar presente en superficie o estratos junto a la arquitectura monumental Inca ha llamado la atención de varios estudios de forma, decoración y tecnología (Bauer & Stanish, 1990; Bauer, 1992, 1999; Chatfield, 2007, 2010; Dwyer, 1971; Ixer & Lunt, 1991; Kendall, 1985; Lunt, 1987; Rivera, 1971) de manera que es uno de los estilos mejor documentados.

Las exploraciones y excavaciones realizadas por Rowe a partir del año 1941 con el interés de identificar y describir una secuencia cerámica pre inca del valle del Cusco, lo lleva a clasificar un nuevo estilo cerámico que denomina “Canchón” y posteriormente “serie Killke” en el Periodo Intermedio Tardío como un antecedente al estilo Incaico en forma y decoración (Rowe, 1944). Para la fecha fue considerado un estudio significativo de referencia.

En 1968 su alumno E. Dwyer, realiza un estudio microscópico de la pasta de la cerámica Killke en tres áreas: Cusco, Pisac y Lucre, donde dio por resultado una ligera variación o diferenciación tecnológica en la proporción y tipo de material de temple utilizado. Un panorama similar de confusión sucedió en el área de Chinchero, en las excavaciones de R. Dorado (1971) al definir nuevos estilos cerámicos locales para el Periodo Intermedio Tardío, concluye que la serie Killke propuesto por Rowe era insuficiente por la existencia de variaciones temporales y regionales asociados al estilo. Consecuentemente a la fecha cada variación mantiene diferentes nombres, por ejemplo, en Araypallpa-Paruro el estilo Colcha, en la cuenca del Chonga el estilo Cuyo y otros en Ollantaytambo y Maras (véase Hardy, 2019). Bajo estas premisas, los atributos, distribución y cronología Killke aún siguen siendo debatidos y será necesario primero definirlo en nuestra propia área de estudio. Sin embargo, las investigaciones mencionan que:

Se caracteriza por el uso de arcilla limpia, templada con una gama limitada de rocas feldespáticas de grano medio, y se cocieron en condiciones oxidantes (Ixer, R. et al, 2014, pág. 124), aunque existe evidencia que la tecnología de elaboración y cocción evolucionó

después del Periodo Intermedio Tardío, durante el Horizonte Tardío e incluso se adaptó a los hornos cerrados españoles (Chatfield, 2010, pág. 735). Las vasijas se construyeron en espiral, a veces fueron moldeados como el tipo cara-gollete. T. Hardy en sus excavaciones de Minaspata registra que los vasos, jarras y cantaros son menos frecuentes y tienden a ser de menor tamaño que los del estilo Lucre, sugiere que los tamaños de los vasos parecen ser destinados a grupos pequeños (2019, pág. 436). Otras morfologías registradas son cuencos, tazones y platos.

El estilo Killke también utilizó los tres colores rojo, negro y blanco, sobre superficies con engobe beige y bruñido para obtener un brillo medio a débil; el negro es el color más utilizado, seguido del rojo, y el blanco se presenta como engobe limitado a cuencos y vasos (Hardy, 2019). La pintura suele ser acuosa, lo que da como resultado un tono de color bajo a medio (Bauer, 1999, págs. 15-16). Mientras que el negro y el blanco son consistentes, el rojo varía de un morado oscuro a un rosa oscuro, dependiendo de las condiciones de aplicación y cocción, pero nunca hay dos tonos de rojo en una vasija (Dwyer, 1968, pág. 105). Las decoraciones son generalmente geométricas, incluye líneas en negro y rojo (combinación común), franjas gruesas en rojo, triángulos entrecruzados, franjas de rombos, triángulos anidados que alternan entre rojo y negro, filas colgantes de triángulos reticulados en los bordes, también figuras de camélidos, entre otros (Hardy, 2019).

- **Estilo cerámico Inca**

La cerámica Inca (también conocido como Inca Clásico, Inca Policromo o Inca Imperial) producida en la región del Cusco en el Horizonte Tardío, surge repentinamente cumpliendo ciertos estándares controlados desde la preparación de la arcilla, la forma, color y diseños, lo que lo sitúa como un artefacto político para el beneficio de la elite (Hardy, 2019, pág. 440). Los estudios de la cerámica Inca se basaron inicialmente en materiales provenientes de Machupicchu por Hiram Bingham (1915) quien realizó una primera tipología y de Saqsayhuaman por Valcárcel (1935), aunque la clasificación taxonómica y tipológica de Rowe de 1944 es el que recibió mayor aceptación; en el mismo siglo procedieron numerosos estudios y hasta el momento disponemos una vasta literatura, sin embargo no pretenderé una discusión extensa aquí, más bien únicamente definir las características del estilo y un recuento de las hipótesis generadas de su posible antecesor.

Son muy reconocibles por su elevada calidad técnica, se cocieron en una gama estrecha de colores de rojo anaranjado, casi siempre totalmente oxidados y generalmente limpios, contienen mica, granito y como señalamos arriba se añadió andesita triturada como temple (Lunt, 1987; Ixer & Lunt, 1991; Ixer, R. et al, 2014). Se aplicaron engobes de color rojo intenso mayormente, pero también se identificó beige, blanco y negro, luego las superficies fueron altamente bruñidas con un acabado liso. Las morfologías también son diversas: cántaros, vasijas, ollas, platos, escudillas, cuencos, vasos, utensilios, caleros, etc. Los pigmentos comúnmente utilizados son negro, rojo, blanco, y otros colores como crema, amarillo, marrón y naranja. Los motivos decorativos son finos y precisos con una gran variedad: rombos, helechos, bandas ajedrezadas, triángulos con diseños internos o colgantes, tocapus, líneas (zigzagueantes, onduladas, simples, etc.), representaciones (antropomorfas, zoomorfas, ornitomorfas, artrópodos, etc.), trazos en forma de cruz, y demás (Villacorta, 2021, pág. 153).

A excepción de L. Barreda que considero a Lucre como “Inca Tipo A” (Corrales, 1984), el estilo Killke se posicionó durante mucho tiempo como un “Inca temprano, Inca

primitivo o protoinca” por sus relaciones estilísticas (motivos decorativos), estratigráficas y fechados relativos (Rowe, 1944, pág. 61; Dwyer, 1971; Alcina et al., 1976, pág. 31; Ravines, 2011, pág. 496; entre otros), lo que además conllevaba a la presunción de que su producción se detuvo en cuanto la presencia de la cerámica Inca como tal inició. Pronto se reconocería que Killke no fue el único antecesor; tempranamente los estudios de Chatfield (1998) de cerámicas de estilo Inca, Lucre y Killke de Choquepukio la llevan a concluir que el estilo Lucre es tecnológicamente más similar a la cerámica Inca que el estilo Killke, lo cual se llega a reafirmar por el estudio petrográfico, ya mencionado, de las mismas muestras y otras de Cusichaca (Ixer & Lunt, 1991; Ixer, R. et al, 2014).

Por otro lado, un aporte notable alude que la producción de la cerámica Killke no cesó, sino que continuó hasta la época colonial (Chatfield, 2010, pág. 735), lo que no sucedió con la cerámica Lucre; las excavaciones de McEwan y sus colegas en Choquepukio registraron un episodio de quema del material del techado que abarcó las áreas A y B que marco estratigráficamente el fin de su ocupación en el Periodo Intermedio Tardío (2005, pág. 266), para posteriormente ser reocupado por los Incas.

En definitiva, McEwan y sus colegas argumentan que la cerámica Inca consiste en motivos pintados con influencia Killke sobre cerámica influenciada por la tecnología cerámica Lucre (2002, pág. 295), aunque con una serie de detractores que critican la falta de estudios de seriación y distribución del estilo Lucre.

2.1.1. Estudios de pigmentos en la cerámica Lucre, Killke e Inca

S. Lunt (1987)	Llevó a cabo un análisis de pigmentos por difracción de Rayos X y un Microscopio electrónico de barrido en la alfarería del Periodo Intermedio Tardío y Horizonte Tardío de Cusichaca, con el principal objetivo de identificar factores contribuyentes o afectantes para los pigmentos minerales, evalúa su consistencia dentro de ciertas categorías de alfarería analizando las variaciones de textura, uniformidad, densidad, presencia o ausencia de brillo, etc.
Avendaño et al. (2015).	En el estudio se realizó el análisis físico-químico de la composición de la pasta y de los pigmentos de la cerámica Inca y Killke del Cusco, específicamente del sector <u>Muyukmarka – Saqsayhuaman</u> mediante FRXp y microscopio óptico. Además se postuló el origen (orgánico o mineral) y fuente de extracción de los componentes químicos registrados.
C. Luíz et al. (2019)	Realiza una comparación de la composición elemental de los pigmentos y pastas matrices de la cerámica del Periodo Intermedio Tardío. Los ejemplares de cerámica que se incluye en el análisis corresponde a nueve muestras del estilo Killke (entre completos y fragmentos) y solo una vasija prácticamente completa del estilo Lucre provenientes del <u>Museo del Colegio Inka Garcilaso de la Vega</u> de la Ciudad del Cusco. La conclusión expone textualmente: El análisis elemental usando FRXp permite diferenciar la alfarería Lucre de la Killke, indicando que se ha usado materia prima de lugares y naturaleza diferente. Además, es posible diferenciar las piezas Killke entre sí, basados principalmente en el contenido de Pb, Rb, Zr, S y Sr (Luíz et al., 2019). Esta publicación es un primer e interesante intento de análisis de pigmentos del Periodo Intermedio Tardío del Cusco, sin embargo, es

sabido que, el estudio de material cultural descontextualizado podría contener desaciertos.

2.2. Problemática

Las sociedades productoras de los estilos cerámicos Lucre y Killke se emplazaron en territorios marcadamente opuestos, aunque manteniendo una relación común evidenciado en Choquepukio¹, producto de este vínculo se postula que cada uno aportó ciertos elementos para la introducción favorable de la estandarizada cerámica Inca.

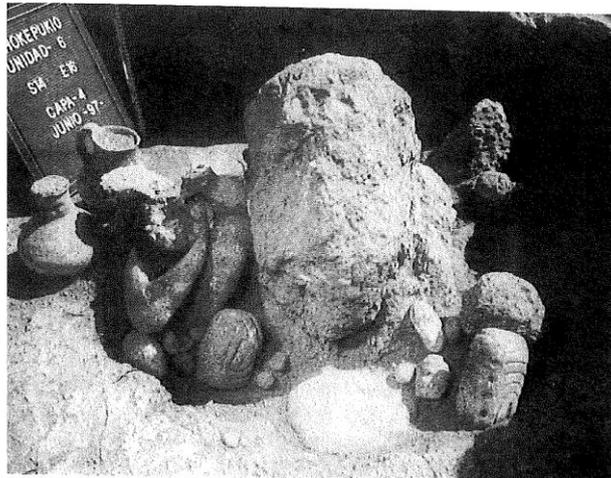


Figura 1. Huaca registrada durante las excavaciones de 1997 en Choquepukio. Fuente: McEwan, Chatfield, & Gibaja, 2002

Basándonos en la premisa de que los atributos cerámicos pertenecientes a determinada cultura pretérita, son por regla general, reestructuraciones de sus pasados (Yamamoto et al, 2013); el estudio petrográfico (Lunt, 1987; Ixer & Lunt, 1991; Ixer, R. et al, 2014) permite reconocer la genealogía y complejidad de origen de la cerámica Inca, deduciendo que asimiló la tecnología benéfica de una “receta de arcilla” del estilo Lucre y motivos decorativos del estilo Killke. Ambos estilos cerámicos ocupan un protagonismo en los modelos de desarrollo del gobierno Inca actualmente propuestos.

No obstante, el replicar motivos decorativos y morfologías es posible a partir de la exposición visual, pero “compartir” el conocimiento técnico de acondicionar la receta de la pasta (como para la elaboración de grandes vasijas) requería una mayor colaboración en este caso, entre alfareros (consultar Chatfield, 2007, pág. 342).

Sin restarle atención a los motivos decorativos y engobes estos fueron creados a partir de pigmentos, su preparación constituyó una especialización tecnológica complementaria, la cerámica Inca conservó el empleo de los colores principales utilizados durante el Periodo

¹ Durante las excavaciones en Choquepukio de 1997, se realizó el registro de dos huacas ubicados en recintos cercanos enterrados ritualmente durante el Periodo Intermedio Tardío, el primero (figura 1) con ofrendas de un grupo de huacas de piedra más pequeñas, restos de ocho llamas y cinco vasijas de cerámica, tres de estos eran del estilo Lucre y dos eran Killke; la segunda huaca contenía en sus niveles inferiores ofrendas de piedras algunas talladas como falos, que se cree eran objetos Lucre y en el nivel superior de relleno contenía una ofrenda de tres conopas y dos tinajas de estilo Killke.

Mc

Ewan y sus colegas (2002) concluyen que el registro respalda la noción de que la forma de gobierno y el estilo propio Inca resultaron de una combinación o fusión de las sociedades que producían los estilos cerámicos Lucre y Killke.

Intermedio tardío, el negro, marrón, rojo y blanco. En toda manifestación tangible, la elección y preparación de los materiales son probablemente un reflejo fuerte de tradición y cultura más que la forma y la decoración (Williams, 1982, pág. 7).

Contrariamente al estudio petrográfico, los pigmentos fueron analizados aisladamente por periodos, en este sentido, ejecutar una comparación composicional conjunta en tales estilos permitirá distinguir de igual manera la homogeneidad o heterogeneidad en el tratamiento de los pigmentos, el propósito es plausible a partir del análisis elemental por Fluorescencia de Rayos X y LIBS de muestras contextualizadas provenientes del Sitio Arqueológico de Choquepukio.

Lo expuesto conduce a formular los objetivos:

2.3. Objetivos

Se mantiene el lineamiento de los objetivos establecidos en el Artículo 11° de la R.D de autorización N° 000021-2024-DGM-VMPCIC/MC:

- a) Identificar los componentes químicos de los pigmentos (rojo, blanco, marrón y negro) presentes en la decoración y engobe de la cerámica Lucre, Killke e Inca mediante pXRF y LIBS.
- b) Mediante el análisis multivariado de componentes principales, determinar la agrupación/asociación de los componentes químicos de los pigmentos con los estilos cerámicos Lucre, Killke e Inca.
- c) Comparar los grupos compositivos químicos de pigmentos de los tres estilos cerámicos del Sitio Arqueológico Choquepukio.

3. Metodología aplicada en el desarrollo de la investigación

En el marco del presente trabajo se ha decidido emplear el método analítico, es necesario precisar también que, el alcance de la investigación es de carácter exploratorio, por contener data semicuantitativa (data por FRXp) y cualitativa (data por LIBS), se resalta que es la primera vez que se estudia arqueométricamente los pigmentos de los estilos cerámicos del Periodo Intermedio Tardío y Horizonte Tardío de unidades de excavación del sitio de Choquepukio mediante pXRF y LIBS. Los estudios exploratorios generalmente determinan tendencias, identifican contextos y situaciones de estudio, relaciones potenciales entre variables; o establecen el “tono” de investigaciones posteriores más elaboradas y rigurosas. Además, los estudios exploratorios epistemológicamente no establecen o definen una hipótesis de trabajo, por lo que “no puede presuponerse (afirmando) algo que apenas va a explorarse” (Sampieri, 2014).

Los estudios exploratorios sirven para preparar el terreno y, por lo común, anteceden a investigaciones con alcances descriptivos, correlacionales o explicativos (ibíd.). A continuación, se da a conocer el proceso metodológico desarrollado

3.1. Registro fotográfico y Criterio de codificación de las muestras

Se propuso una codificación abreviada y de orden diferente al inventario, con la finalidad de agrupar los fragmentos cerámicos según estilo y periodo. No obstante, se agregó el N° de bolsa para contraste y ubicación de ser necesario.

La codificación procede de la inicial de la letra del estilo cerámico: L, K, I; seguido de un número correlativo del 1 al 10 para cada grupo.

Fragmentos cerámicos de estilo cerámico Lucre

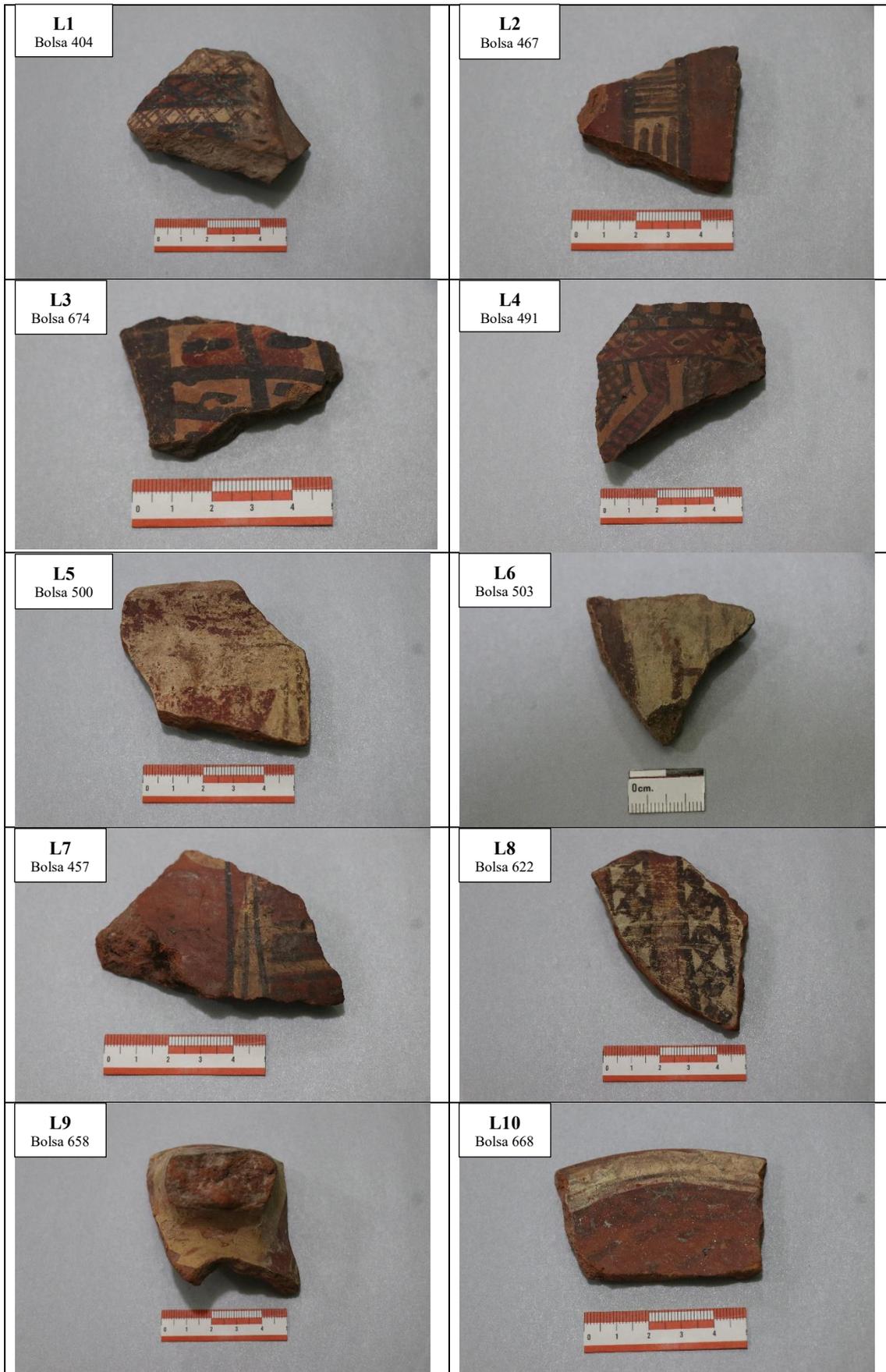


Tabla 1. Registro fotográfico y codificación correspondiente a los fragmentos cerámicos Lucre

Fragmentos cerámicos de estilo cerámico Killke

<p>K1 Bolsa 483</p>  <p>A small, irregularly shaped ceramic fragment with a dark brown background and a grid pattern of thin, light-colored lines. A ruler below shows a length of approximately 4.5 cm.</p>	<p>K2 Bolsa 492</p>  <p>A larger, roughly triangular ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 4 cm.</p>
<p>K3 Bolsa 493</p>  <p>A small, irregularly shaped ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 2.5 cm.</p>	<p>K4 Bolsa 511</p>  <p>A large, roughly triangular ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 4.5 cm.</p>
<p>K5 Bolsa 511</p>  <p>A small, irregularly shaped ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 4 cm.</p>	<p>K6 Bolsa 511</p>  <p>A large, roughly triangular ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 4 cm.</p>
<p>K7 Bolsa 652</p>  <p>A small, irregularly shaped ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 4 cm.</p>	<p>K8 Bolsa 698</p>  <p>A large, roughly triangular ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 4 cm.</p>
<p>K9 Bolsa 1285</p>  <p>A small, irregularly shaped ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 4 cm.</p>	<p>K10 Bolsa 1308</p>  <p>A small, irregularly shaped ceramic fragment with a grid pattern of dark lines on a light brown background. A ruler below shows a length of approximately 2.5 cm.</p>

Tabla 2. Registro fotográfico y codificación correspondiente a los fragmentos cerámicos Killke

Fragmentos cerámicos de estilo cerámico Inca

<p>I1 Bolsa 421</p> 	<p>I2 Bolsa 462</p> 
<p>I3 Bolsa 476</p> 	<p>I4 Bolsa 533</p> 
<p>I5 Bolsa 541</p> 	<p>I6 Bolsa 585</p> 
<p>I7 Bolsa 622</p> 	<p>I8 Bolsa 693</p> 
<p>I9 Bolsa 695</p> 	<p>I10 Bolsa 1241</p> 

Tabla 3. Registro fotográfico y codificación correspondiente a los fragmentos cerámicos Inca

3.2. Metodología del análisis por FRXp

El uso de la técnica de FRXp para el análisis de las 30 muestras permitió obtener datos tanto semicuantitativos como cualitativos sobre su composición elemental. Es importante destacar que el pigmento aplicado a una vasija no es homogéneo por ello que inicialmente, se consideró, realizar tres pulsaciones en distintos puntos, sin embargo, esto generó un volumen de datos considerable, lo que complicaría su cuantificación y comparación.

En este sentido y en el marco de los objetivos del proyecto, se realizó el análisis por FRXp eligiendo primero el modo de disparo conveniente:

- Para los pigmentos, se utilizó el **Modo Soil**;
- No obstante, se incluirán también los resultados del análisis de la pasta matriz empleando el **Modo GeoChem**.

En ambos escenarios, se realizaron seis (06) repeticiones en tres (03) rangos de energía (Beams) en cada punto de medición, ya sea en el pigmento o en la pasta matriz de cada muestra. Asimismo, la duración promedio del análisis para cada punto fue de 15 minutos, teniendo en cuenta las "Condiciones de prueba" (Test condition) optimizadas y definidas por el equipo.

Como parte del protocolo metodológico, al inicio de cada jornada de análisis se llevó a cabo una calibración utilizando una moneda estándar de acero inoxidable incluida en el equipo FRX (Fig. 2.c). Además, cada fragmento de cerámica fue sometido a una cuidadosa limpieza del área destinada al análisis, utilizando únicamente un pincel de cerdas finas.

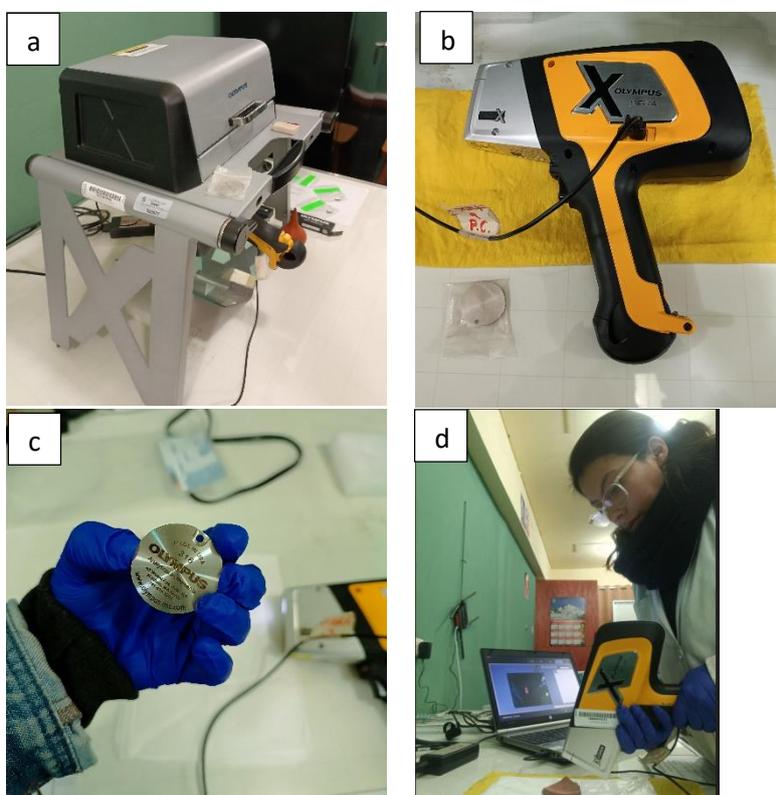


Figura 2. a) Cabina de seguridad para protección de radiación; b) FRXp desmontado; c) Moneda de calibración para FRXp; d) Medición mediante FRX de fragmentos con curvatura.

Las muestras que presentaron superficies planas/rectas fueron analizadas en la cabina de seguridad en la que se acopla el equipo FRX (Fig. 2.a). Por otro lado, para las muestras con superficies cóncavas, se desmonto la pistola del dispositivo a fin de adaptarlo a las características físicas de dichas piezas y asegurar una correcta medición evitando los vacíos que pudieran generar ruido en los espectros.

Una vez finalizada la colecta de datos en los pigmentos de todos los puntos de interés, se procedió al análisis de los espectros y concentraciones para identificar y confirmar los elementos químicos presentes. Este análisis se realizó utilizando los gráficos y el archivo Excel generados por el software InnovX. Para esto se aplicaron dos filtros en la data: primero, se descartaron los elementos químicos que generaban ruido, cuyo límite de detección no proporcionaba valores de concentración, se excluyeron aquellos con una desviación estándar superior a la concentración reportada en el espectro, también se eliminaron los elementos que son comunes/inherentes a todos los suelos; en segundo lugar, se excluyeron los elementos químicos que contenían cuentas inferiores a 25 ppm y aquellas que no generaron picos de medición. Como resultado, se confirmó la presencia de 15 elementos químicos: P, S, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Zn, As, Rb, Sr, Zr, Nb, y Pb. En total se realizaron 96 disparos, con 6 repeticiones cada uno y con 3 rangos de energía (Beams), lo que generó un total de 576 lecturas.

Para la pasta matriz, se efectuó el mismo procedimiento, se analizaron 29 muestras, excluyéndose el fragmento cerámico K5 por presentar pigmento blanco en su totalidad como engobe, donde se confirmó la presencia de 15 elementos químicos: Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Rb, Sr, Y, Zr y Nb. En total se realizaron 29 disparos (un disparo por muestra), con 6 repeticiones cada uno y con 3 rangos de energía (Beams), con ello se obtuvo 174 lecturas.

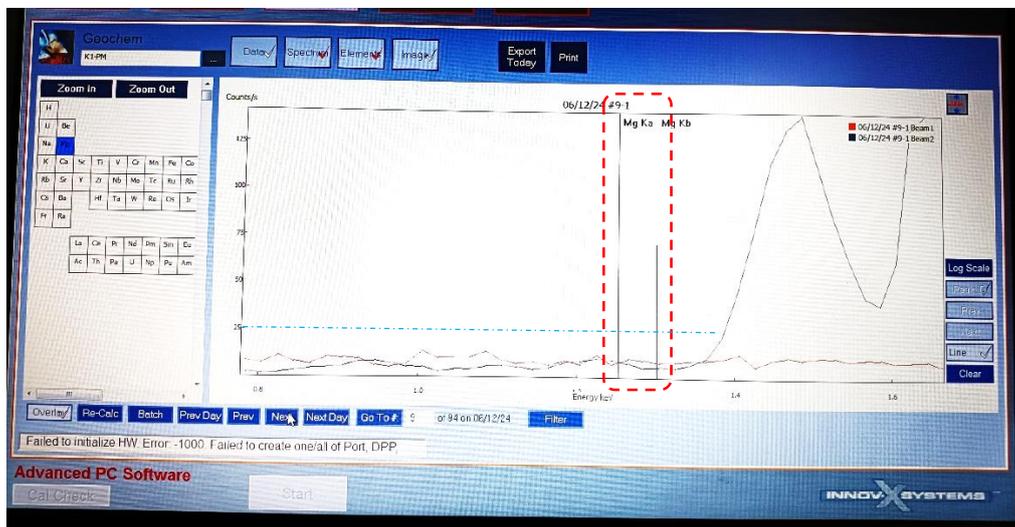


Figura 3. Ejemplo de exclusión del Mg en la pasta matriz debido a no presentar un pico de emisión en el espectro. Adicionalmente, se encuentra por debajo de 25ppm.

3.3. Metodología del análisis por LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy)

También conocida como:

- LIPS (Laser Induced Plasma Spectroscopy)
- LSS (Laser Spark Spectroscopy)

- LOES (Laser Optical Emission Spectroscopy)

En este proyecto se utilizó también el análisis mediante LIBS para estudiar dos (02) fragmentos cerámicos seleccionados, codificados como I2 - I9. Los fragmentos cerámicos recibieron una limpieza cuidadosa de la zona a analizar con un pincel de cerdas delgadas. Además, se requirió el uso de una bomba de aire, ya que cuando el láser dispara y atraviesa las capas del fragmento, se genera polvo que se dispersa en el entorno y vuelve a asentarse. Debido a esta circunstancia, fue necesario llevar a cabo el trabajo de manera pausada.

Las condiciones del láser preestablecido en el equipo, y de selección para el estudio son:

FL-QS Delay (μ s)	Laser Energy				
	Mean (mJ)	SD (mJ)	RSD (%)	Minimum (mJ)	Maximum (mJ)
340	38.0	0.8	2.1	35.5	40.0

Inicialmente, se obtuvieron los espectros y las energías de emisión de los elementos químicos Fe, Ti, Mn, C y Zn a partir de patrones o estándares, proporcionados por el laboratorio.

Esta información fue clave para cotejar la presencia de estos elementos en las muestras I2 e I9. El análisis se llevó a cabo tanto en la pasta matriz como en el pigmento negro y blanco, en los cuales se realizaron un total de 7 cráteres, con el objetivo principal de ratificar la composición química revelada previamente por FRX

A continuación, se presentan las áreas analizadas en cada muestra:

Muestra	Área analizada	Total de cráteres
I9	Pasta matriz	1er cráter
	Pasta matriz	2do cráter
	Pasta matriz	3er cráter
	Pigmento blanco	4to cráter
	Pigmento negro	5to cráter
I2	Pasta matriz	6to cráter
	Pigmento negro	7mo cráter

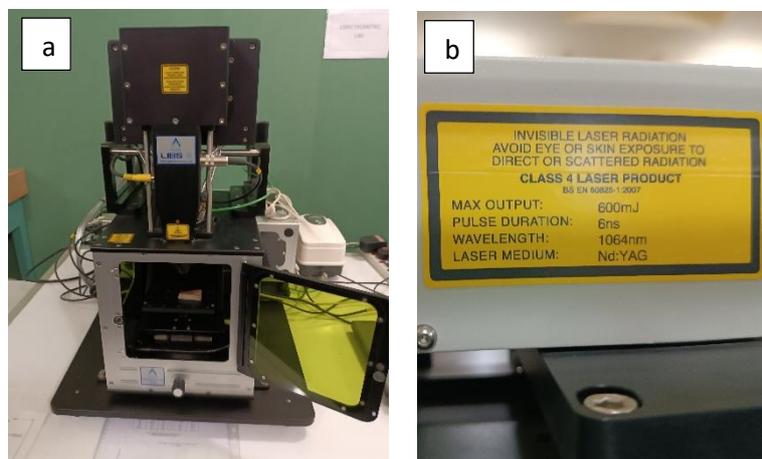


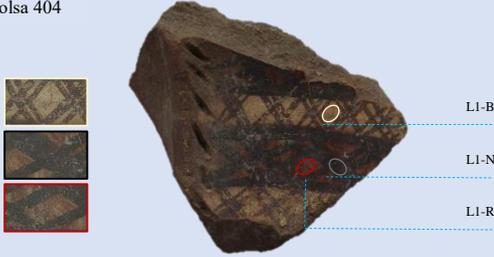
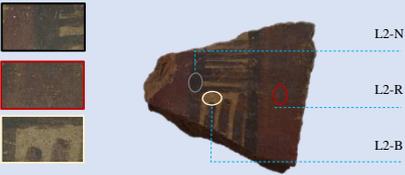
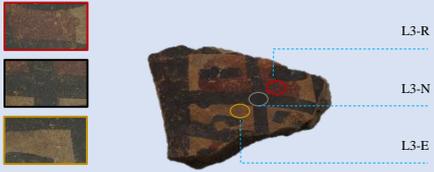
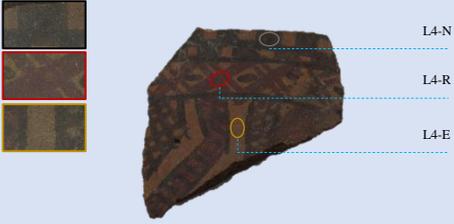
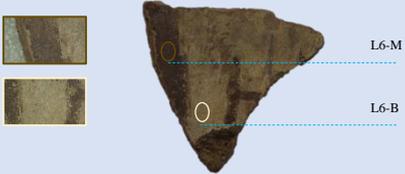
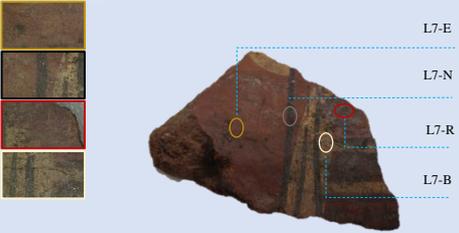
Figura 4. a) Equipo de LIBS utilizado y b) especificaciones

3.4. Puntos de medición por FRX y LIBS

A continuación, se exponen los puntos analizados por FRX y codificación adicional según el punto de análisis, sea el pigmento, pasta matriz o reverso del fragmento:

-N=negro, -B=blanco, -R=rojo, -M=marrón, -E=engobe, -PM=pasta matriz y “_r” =reverso.

Los puntos de análisis para LIBS se muestran en la Tabla 6. en las muestras I2 e I9.

<p>L1 Bolsa 404</p>  <p>L1-B L1-N L1-R</p>	<p>L2 Bolsa 467</p>  <p>L2-N L2-R L2-B</p>
<p>L3 Bolsa 674</p>  <p>L3-R L3-N L3-E</p>	<p>L4 Bolsa 491</p>  <p>L4-N L4-R L4-E</p>
<p>L5 Bolsa 500</p>  <p>L5-B_r L5-B L5-R</p>	
<p>L6 Bolsa 503</p>  <p>L6-M L6-B</p>	<p>L7 Bolsa 457</p>  <p>L7-E L7-N L7-R L7-B</p>

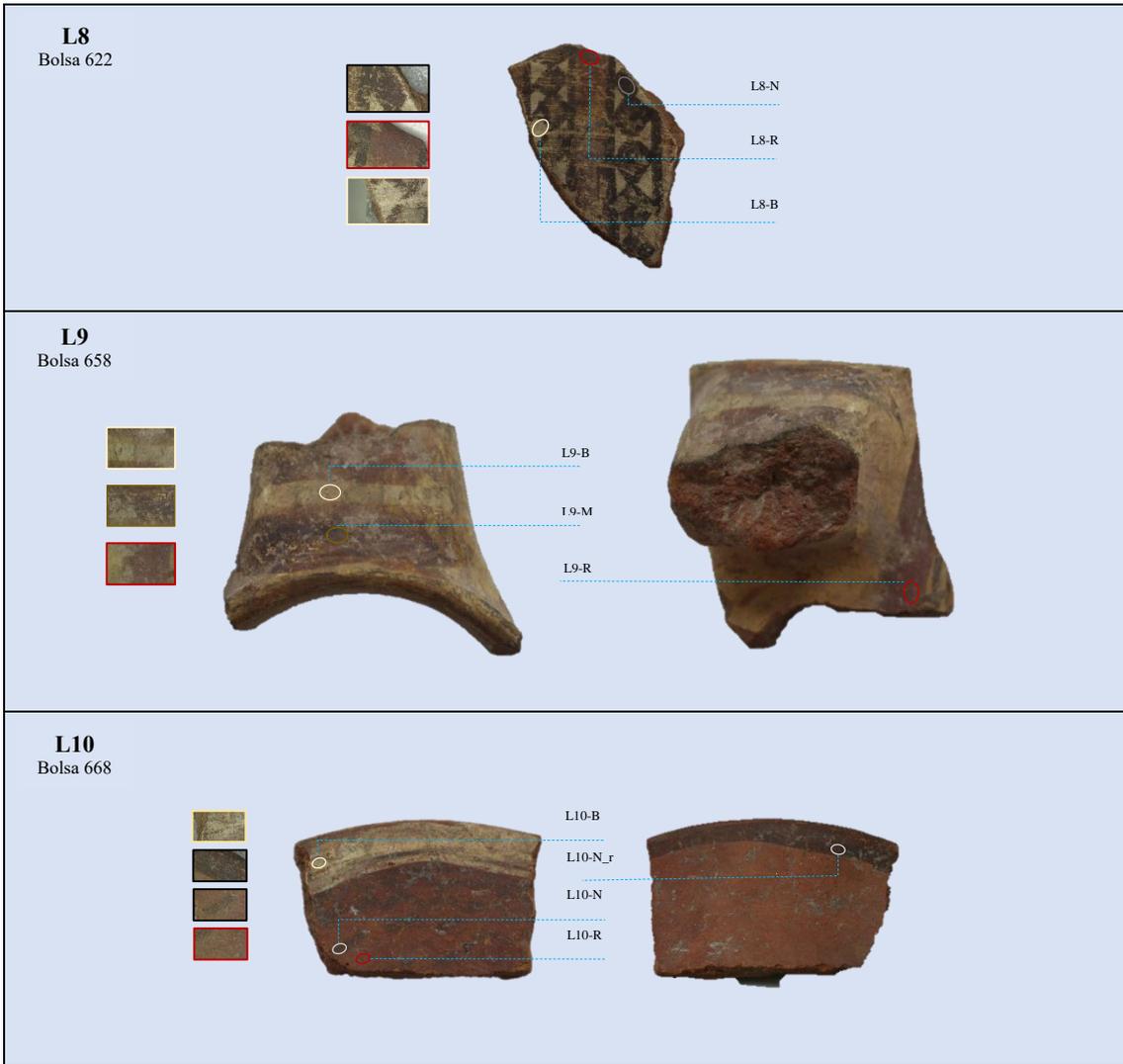
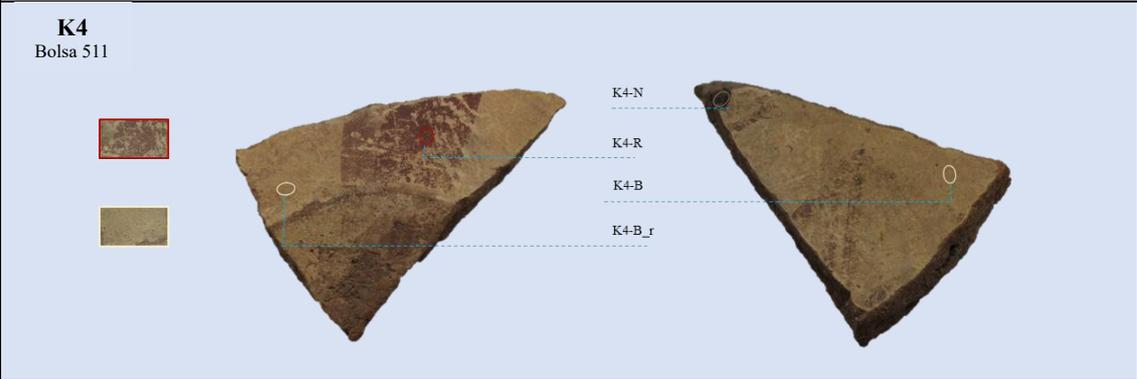
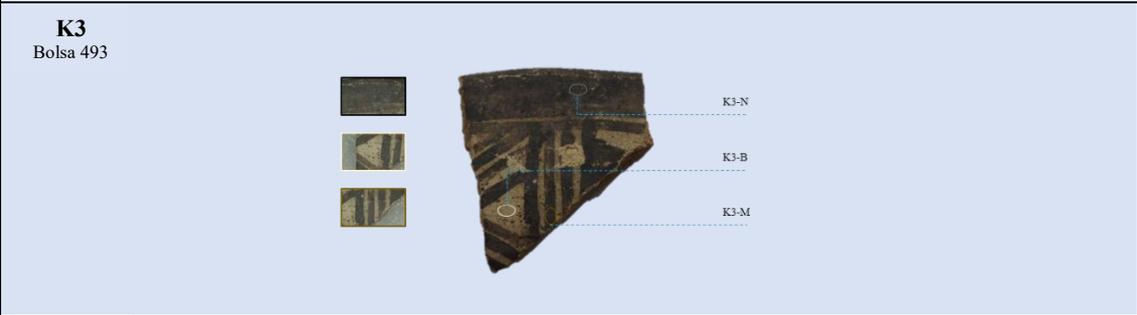
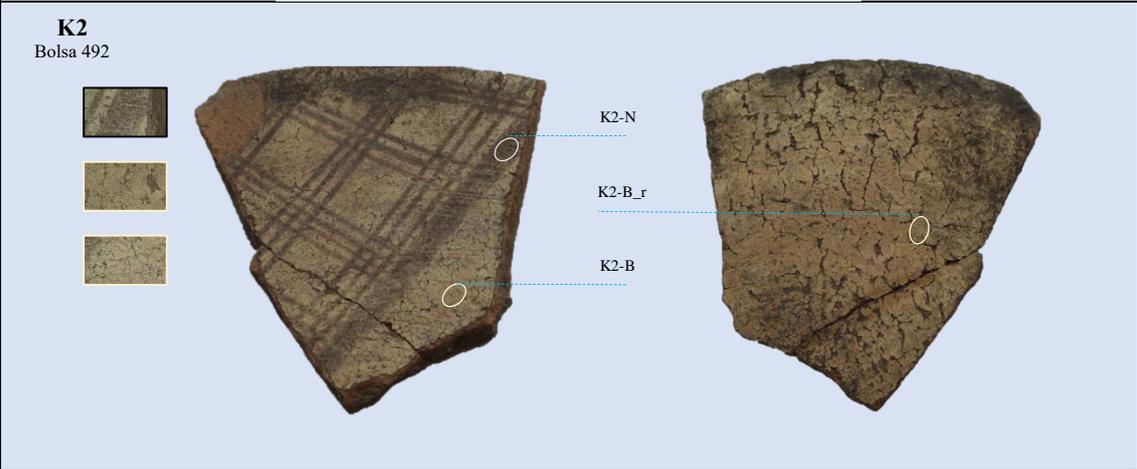


Tabla 4. Ubicación de los puntos de análisis en los 10 fragmentos de estilo Lucre.



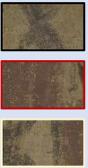
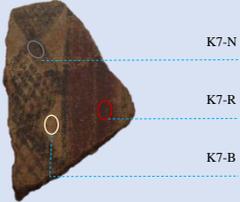
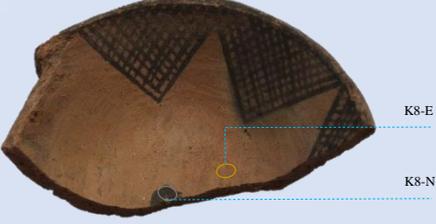
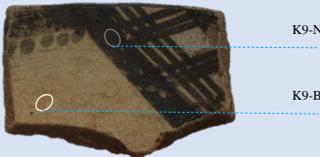
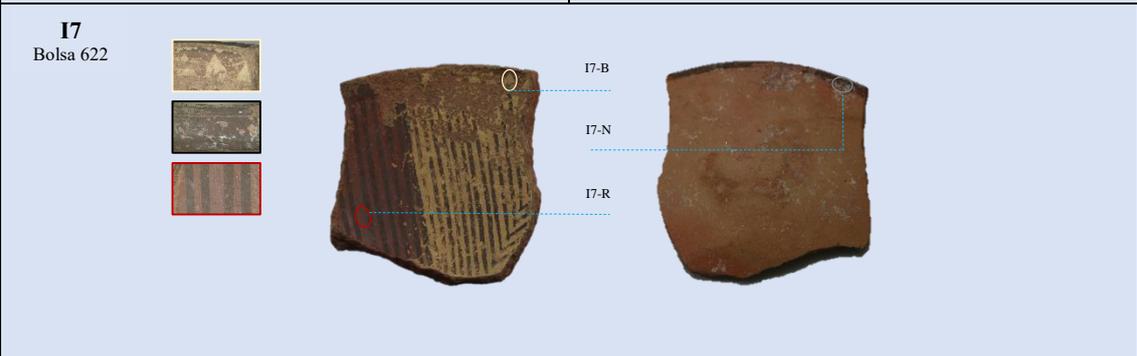
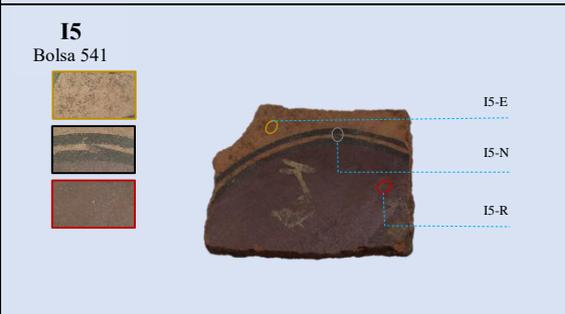
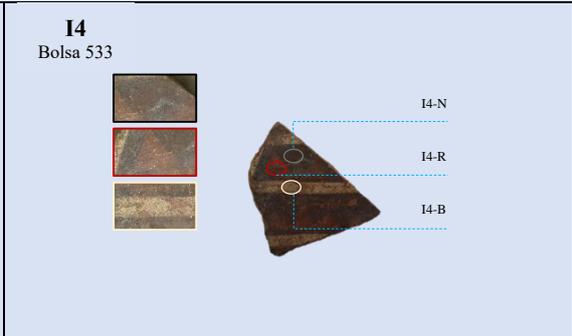
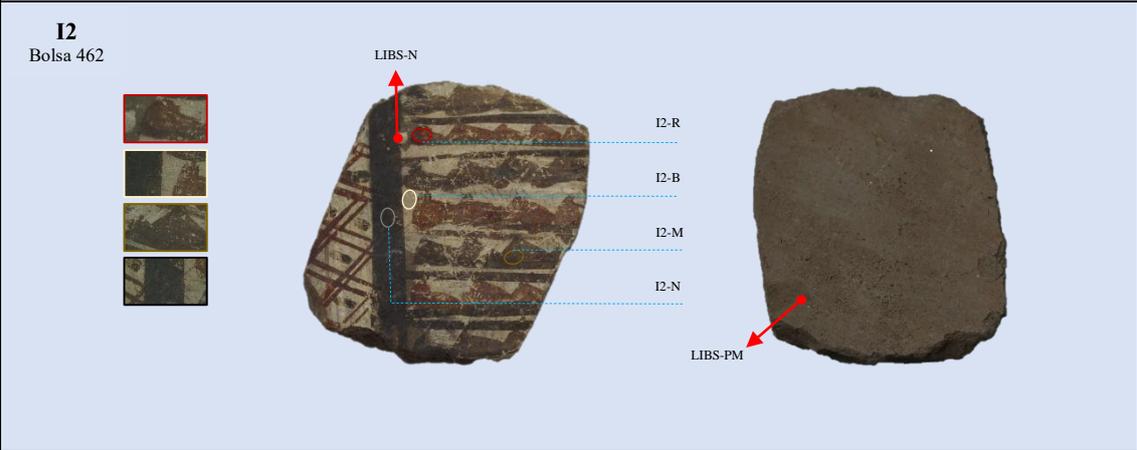
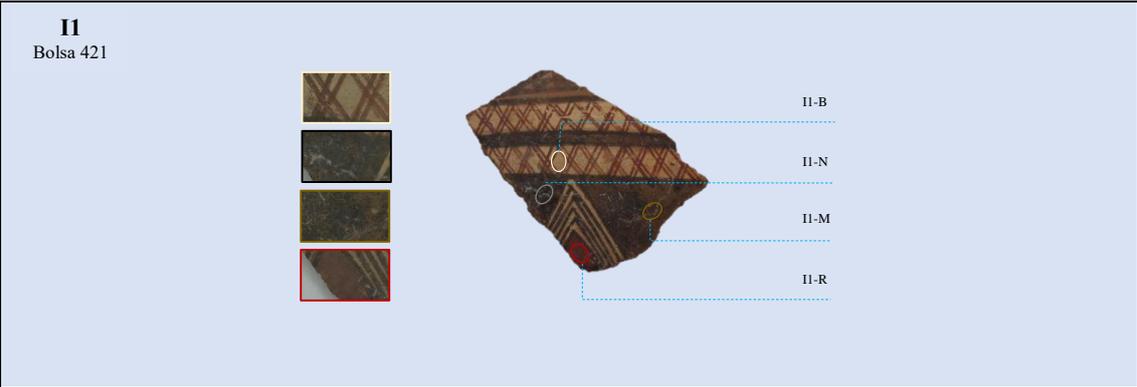
<p>K5 Bolsa 511</p> 	 <p>K5-B_r</p> <p>K5-B</p> <p>K5-N</p> <p>K5-R</p>
<p>K6 Bolsa 511</p> 	 <p>K6-R</p> <p>K6-N</p> <p>K6-B</p> <p>K6-B_r</p>
<p>K7 Bolsa 652</p> 	<p>K8 Bolsa 698</p>   <p>K7-N</p> <p>K7-R</p> <p>K7-B</p>  <p>K8-E</p> <p>K8-N</p>
<p>K9 Bolsa 1285</p> 	<p>K10 Bolsa 1308</p>   <p>K9-N</p> <p>K9-B</p>  <p>K10-E</p> <p>K10-R</p> <p>K10-N</p>

Tabla 5. Ubicación de los puntos de análisis en los 10 fragmentos de estilo Killke.



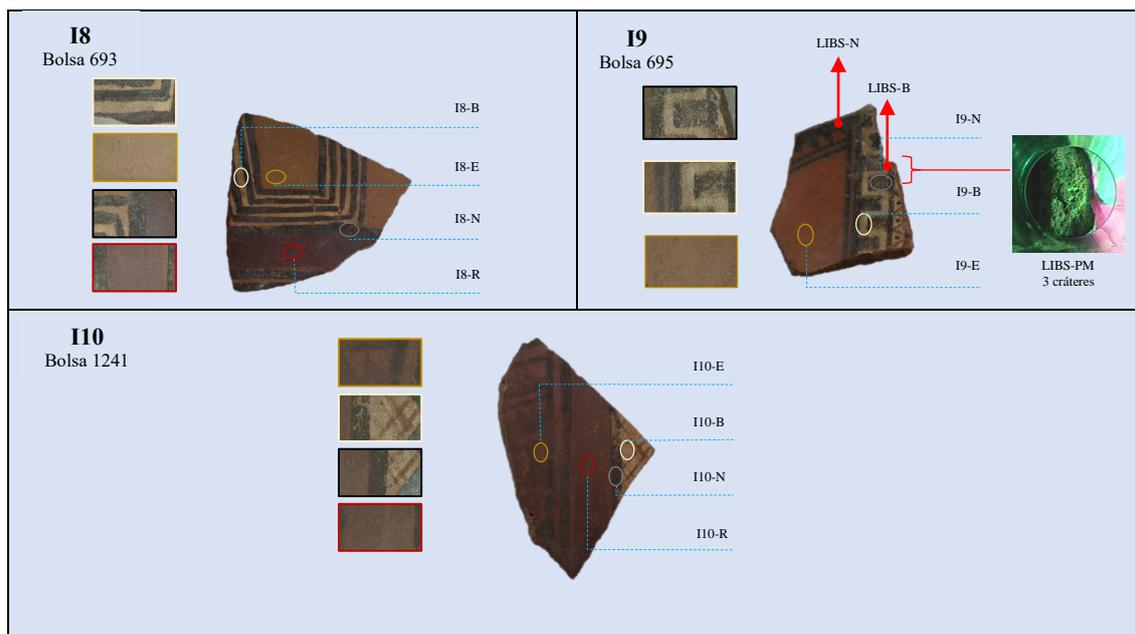


Tabla 6. Ubicación de los puntos de análisis en los 10 fragmentos de estilo Inca.

4. Resultados de la investigación

4.1. Análisis por Fluorescencia de Rayos X

4.1.1. Composición elemental de la cerámica Lucre

1. Pasta Matriz

El propósito de obtener información composicional de la pasta matriz es realizar un contraste entre las concentraciones de los elementos químicos de la pasta y las áreas pintadas de las muestras.

En la pasta matriz del estilo Lucre se identificaron 15 elementos químicos que ordenados de mayor a menor concentración son: Si, Al, Fe, K, Ca, S, Ti, P, Sr, Mn, Zr, Zn, Rb, Y y Nb.

La elevada proporción de silicio (Si) en las muestras se explica por su presencia natural de un 90% en la corteza terrestre. Los silicatos, son comunes en los suelos, especialmente en las arcillas, se originan también a través de la meteorización de las rocas.

Asimismo, los principales elementos químicos presentes en todos los suelos incluyen:

- Al, común en la mayoría de los suelos, especialmente en minerales de arcilla (Gajardo, 2019)
- Fe, se encuentra en forma de óxidos y otros compuestos, también abundante en la composición de los suelos.
- K, los domos volcánicos de shoshonitas y basalto andesítico contienen un alto porcentaje de potasio (Cerrón, 2019).
- Ca, esencial en suelos calcáreos, está presente en carbonatos y sulfatos.

El rastreo de la presencia de los elementos siguientes identificados en menor proporción (S, Ti, P, Sr, Mn, Zr, Zn, Rb, Y y Nb) podría contener su interpretación según la geología local del domo volcánico, conformado por afloramientos de shoshonitas y basalto andesítico, como lo es la presencia del S que podría contenerse durante el enfriamiento del magma.

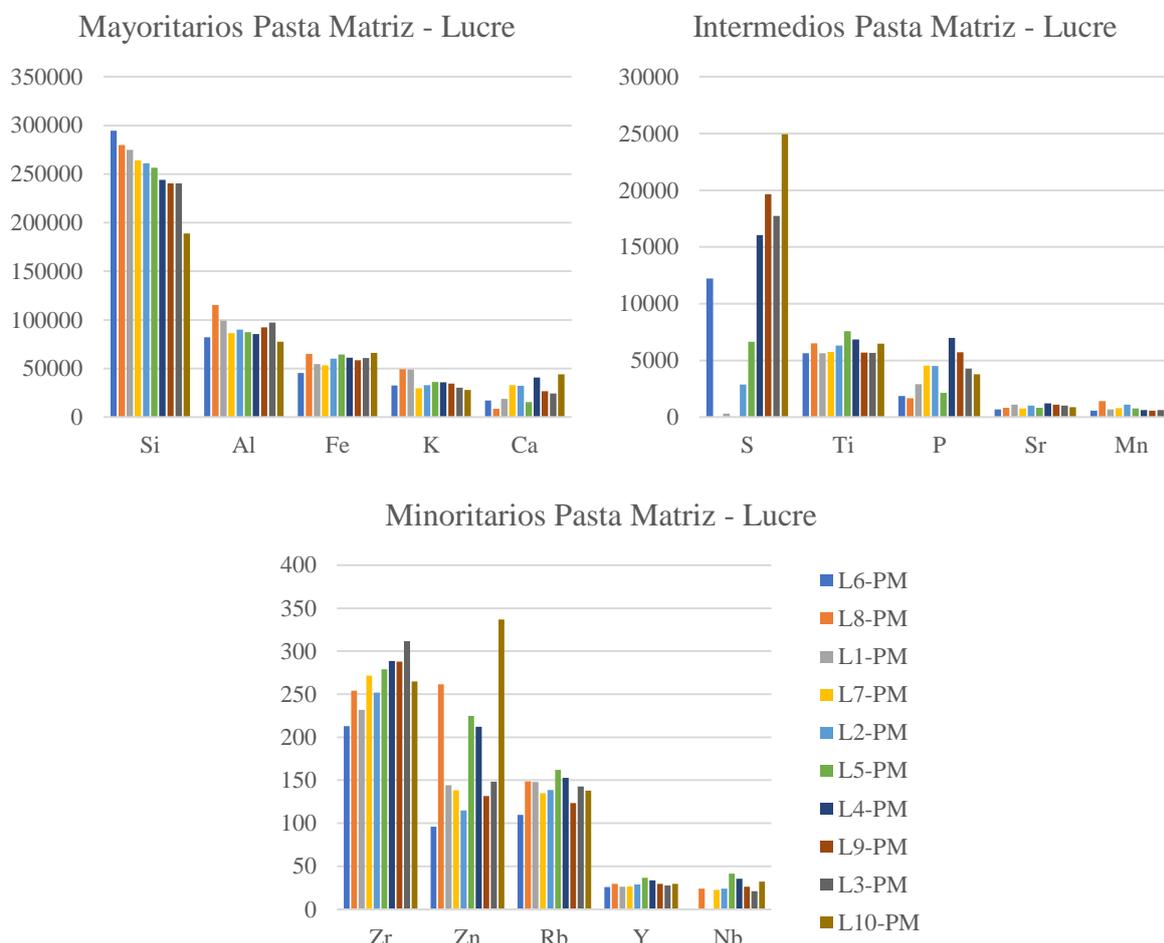


Gráfico 1. Elementos químicos identificados en la Pasta matriz de los 10 fragmentos cerámicos de estilo Lucre

2. Pigmento blanco

Se identificaron los siguientes 15 elementos ordenados de mayor a menor concentración: Ca, K, Fe, P, S, Ti, Mn, Sr, Zr, Rb, Zn, V, As, Pb, Nb. Siendo la principal fuente de pigmento blanco minerales ricos en Ca, aunque la concentración de calcio es variable, la observación macroscópica indica que su proporción está directamente relacionada con el grosor de la capa pictórica aplicada en las muestras. Los minerales que contienen Ca y pueden utilizarse para obtener el pigmento blanco son:

- Carbonato de Calcio (CaCO_3), el cual se obtiene a partir de calcita.
- Sulfato de Calcio (CaSO_4), composición química del yeso, se tiene afloramientos del recurso bastante cerca a la zona de estudio.
- Aunque también, no podríamos descartar que la mezcla pigmentaria del blanco haya contenido elementos orgánicos como la utilización de huesos calcinados o

valvas pulverizadas los cuales poseen altos porcentajes de Ca, seguido del P, Fe y K, así como trazas de Mn (Ali et al., 2020).

Se debe agregar aquí que el Carbonato de Calcio (CaCO_3), cuando se somete a temperaturas como las que se alcanzan en un horno, experimenta una transformación en su composición, convirtiéndose en Óxido de calcio (CaO) o cal viva, en este procedimiento el S se gasifica, lo que podría encajar con los resultados por su presencia a menor escala.

El siguiente elemento químico predominante es el Fe, la concentración de este componente en el pigmento blanco resulta inferior a la estimada en la pasta matriz, lo que podría indicar su uso como mezcla para la elaboración del pigmento o, alternativamente, que el análisis realizado mediante FRXp detecto la pasta matriz subyacente en su lectura.

Por otro lado, un estudio del Boletín de INGEMMET (Boulangger et. al, 2019), expone un análisis químico por DRX del yeso de la provincia de Quispicanchi del S.A de Piquillaqta, en una cercanía local a nuestro sitio de estudio, los resultados son:

Análisis químicos de los yesos de la provincia de Quispicanchi

Nombre	Código	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO	Na_2O	P_2O_5	SiO_2	TiO_2	SO_3	$\text{H}_2\text{O (180}^\circ\text{C)}$
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Rumi Ccolcca	28-s-I-RNM-030	<0.01	32.82	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	44.31	21.82
Huaro	28-s-I-RNM-031	0.02	29.96	0.04	<0.01	0.15	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	43.32	23.76
Tres de Mayo	28-s-I-RNM-032	0.02	32.53	0.03	<0.01	0.19	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	46.28	20.42
Urubambillayo	28-s-I-RNM-033	<0.01	32.39	0.03	<0.01	0.1	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	46.2	20.36
Piquillaqta	28-s-I-RNM-035	0.09	39.84	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	43.42	22.34

Análisis por DRX del yeso Piquillaqta

Código de muestra: 28-s-I-RNM-035			
N°	Mineral	Fórmula	%
1	Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	69.4
2	Calcita	CaCO_3	30.6

Tabla 7. Análisis químico por DRX del yeso en Piquillaqta. Fuente: Boletín de INGEMMET (Boulangger et. al, 2019)

Realizando un traslape a nuestros resultados, es coincidente la presencia preeminente del Ca en los minerales naturales de Yeso y Calcita, aunque el análisis por DRX (Tabla 7) también muestra al compuesto SO_3 como elemento mayoritario, esto se debería a que la muestra fue analizada sin alteraciones químicas como es la calcinación para la obtención del pigmento.

Se debe añadir asimismo que, la disparidad correlacional del blanco en el fragmento L5, correspondiente a un vaso, entre el pigmento de la superficie exterior (L5-B) y del reverso (L5-B_r) con una concentración menor, se debería a una alteración por uso o diagénesis.

Todos estos resultados indicarían que los compuestos para la elaboración del pigmento blanco en la variedad morfológica analizada entre vasos, jarras y platos del estilo Lucre del S. A de Choquepukio de la Capa 2 fueron: Calcita, yeso y elementos orgánicos (osamenta).

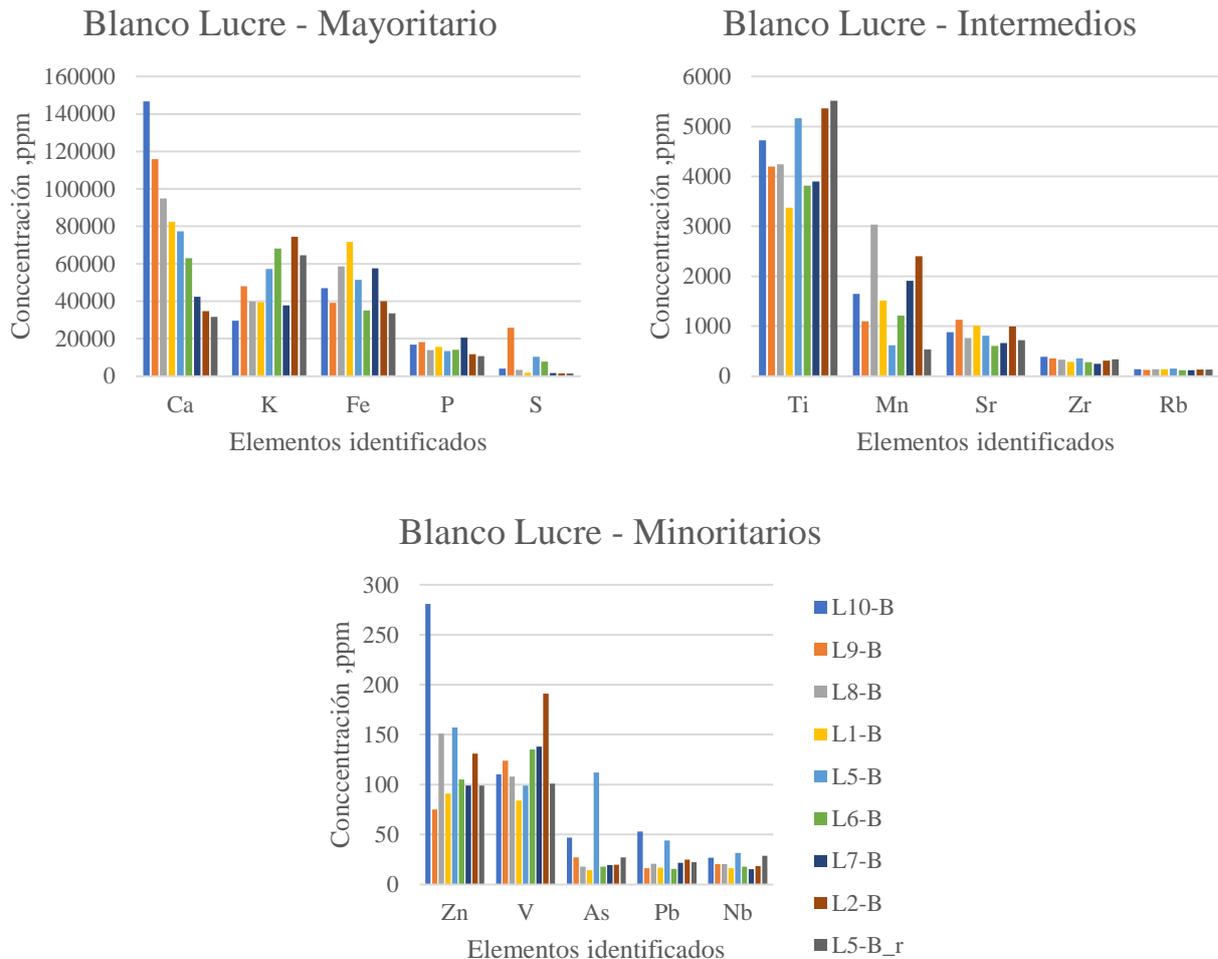


Gráfico 2. Elementos químicos identificados en el pigmento blanco de los fragmentos cerámicos de estilo Lucre

3. Pigmento Negro

En los 07 fragmentos de estilo Lucre que poseen pigmento negro se identificaron 15 elementos, ordenados de mayor a menor concentración: Fe, K, Ca, P, Ti, Mn, S, Sr, Zr, Zn, Rb, V, Pb, As, Nb. Los compuestos ricos en Fe y Mn son la principal fuente del pigmento negro, como:

- Magnetita (Fe_3O_4), mineral de óxido de hierro asociada también con hematita, biotita, horblenda, epidota y apatita. Debe mencionarse que, es factible preparar hematita (Fe_2O_3) a partir de la magnetita y viceversa con la exposición de condiciones térmicas reductoras y oxidantes. Por lo cual, cualquiera de las dos opciones tecnológicas sería útil para la preparación de las mezclas pigmentarias de color negro (Shepard, 1985; Saball, 2019).
- Pirolusita, mineral de manganeso (Mn) que puede mezclarse con hierro para formar el pigmento negro.

La presencia de potasio (K), calcio (Ca) y fósforo (P) como elementos mayoritarios se debe a la detección de la pasta matriz durante el análisis de FRX.

Sin embargo, puntualmente, la concentración del Ca en el caso de los fragmentos L1 (23239 ppm) y L8 (61239 ppm) se puede deber a la presencia de pigmento blanco como engobe. Aunque el Ca no se podría descartar del todo ya que Acevedo y sus colegas (2012) encuentran calcita en la mezcla del pigmento negro.

Aunque sería más preciso señalar que los niveles de K, Ca y P presentes en el pigmento negro, sean componentes que provienen de las arcillas (Pasta matriz) y reflejen su utilización como mezcla para la aplicación del pigmento.

La concentración de S en la muestra L10-N (11197 ppm), perteneciente a un plato, probablemente corresponda a algún pigmento rico en S que no hace parte de la pasta matriz subyacente (24945.56 ppm), es decir que no proviene de la Pasta matriz. No obstante, esta concentración se encuentra por debajo del nivel de conteo que se identificó en la pasta matriz.

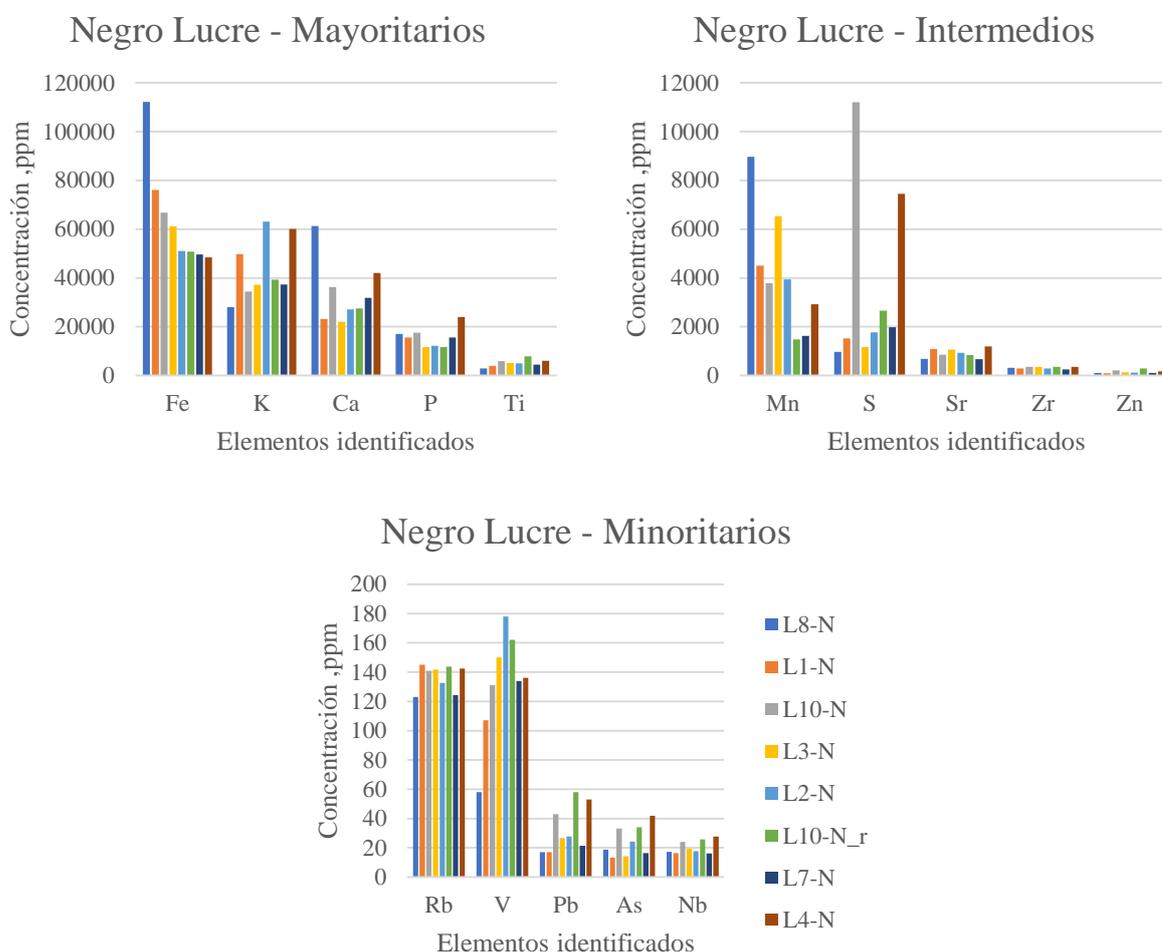


Gráfico 3. Elementos químicos identificados en el pigmento negro de los fragmentos cerámicos de estilo Lucre

4. Pigmento Rojo

Se identificaron 15 elementos, los cuales se enumeran a continuación en orden descendente de concentración: Fe, K, Ca, P, Ti, S, Mn, Sr, Zr, Zn, Rb, V, Pb, As, Nb

(Gráfico 4). En todas las muestras, los altos niveles de Fe sugerirían la coloración roja, lo que indica la presencia de óxidos férricos como la hematita (Fe_2O_3).

La presencia del Fe, seguida del K y Ca, como en los anteriores casos, se refleja por el uso de la mezcla con arcilla para vehículo de preparación del pigmento. Los intervalos del Ca (min.: 16213 ppm – máx.: 71965 ppm), también se deben por el engobe blanco bajo el pigmento rojo en los fragmentos de cerámica L5, L8 y L9.

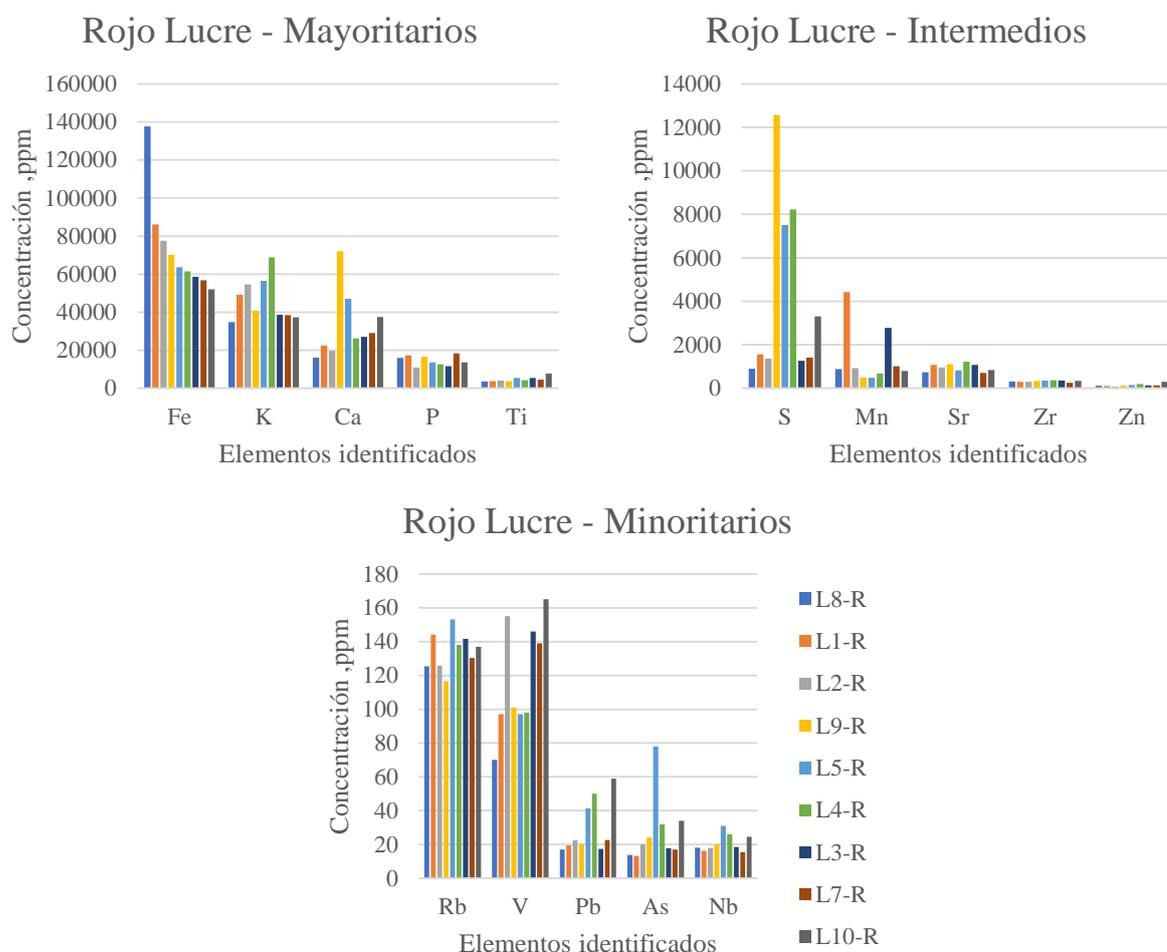


Gráfico 4. Elementos químicos identificados en el pigmento rojo de los fragmentos cerámicos de estilo Lucre

5. Pigmento Marrón

Se identificaron 15 elementos, ordenados de mayor a menor concentración: Ca, Fe, K, S, P, Ti, Mn, Sr, Zr, Rb, V, Zn, As, Nb, y Pb. La concentración mayoritaria de la muestra L9-M es el Ca, debido a una aplicación tenue del marrón sobre engobe blanco, por otro lado, en la muestra L6-M sobresale el Fe, el cual posee una capa más gruesa de pigmento a comparación de la anterior muestra, sin embargo, también posee engobe blanco.

En ambos casos, la lectura de Fe podría atribuirse a la presencia de hematita, la cual genera un pigmento rojo intenso. No obstante, cuando se utiliza en diferentes

concentraciones y se somete a ciertas temperaturas de cocción en cerámica, la hematita puede producir tonalidades marrones o terrosas.

Finalmente, la concentración de K en el pigmento marrón de las muestras L9-M (53726 ppm) y L6-M (39247 ppm) supera el rango identificado en la pasta matriz: L9-M (34573.32 ppm) y L6-M (32594.48 ppm), observándose el mismo patrón en los pigmentos blanco, rojo y negro. Esto sugiere que, en la elaboración de los pigmentos en la cerámica del estilo Lucre, se utilizó un aditivo mineral rico en K, cuya naturaleza aún está siendo objeto de estudio.

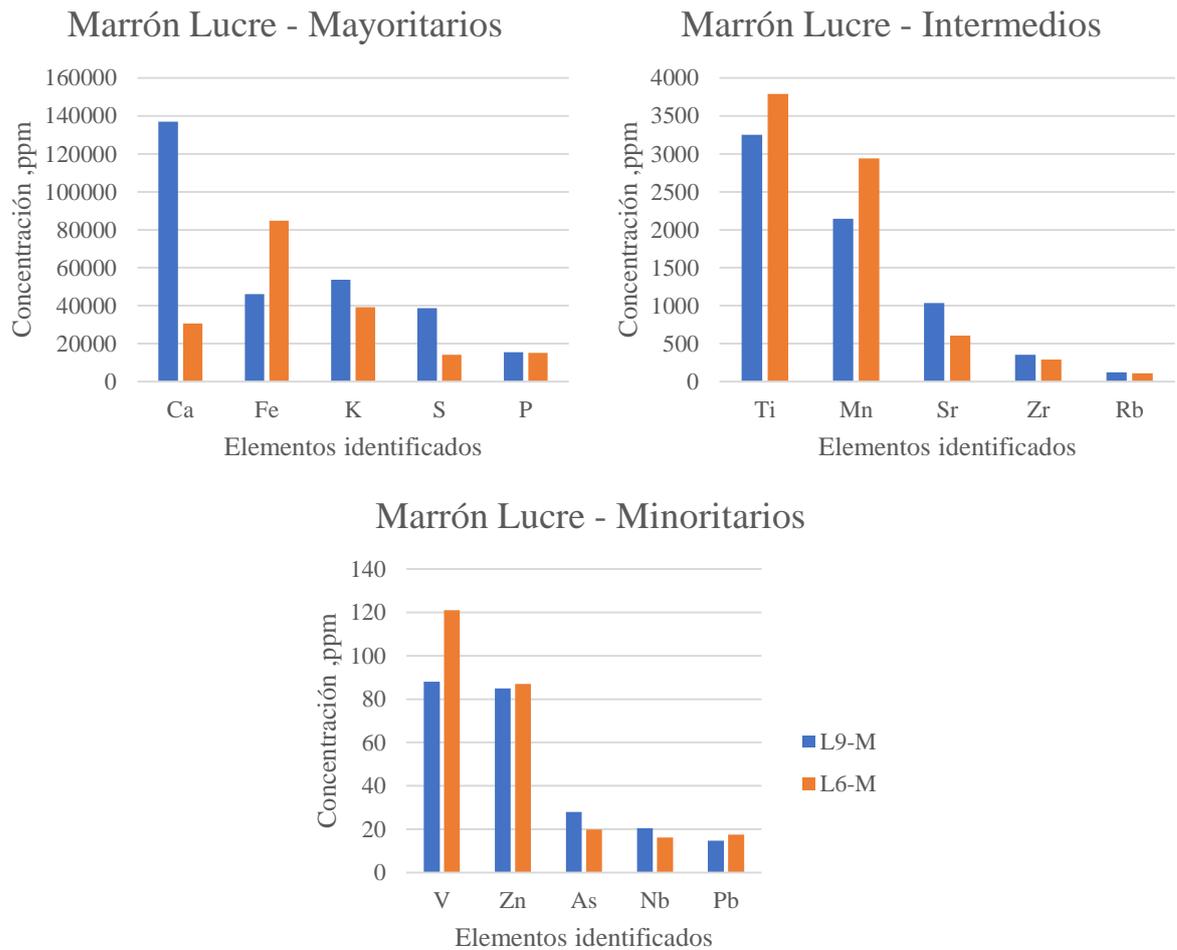


Gráfico 5. Elementos químicos identificados en el pigmento marrón de los fragmentos cerámicos de estilo Lucre

4.1.2. Composición elemental de la cerámica Killke

a. Pasta Matriz

En los 10 fragmentos de estilo Killke se identificaron 15 elementos químicos en la Pasta Matriz, ordenados de mayor a menor concentración: Si, Al, Fe, Ca, K, S, Ti, P, Mn, Sr, Zr, Zn, Rb, Y y Nb.

Como se indicó previamente, los elementos mayoritarios identificados como silicio (Si), aluminio (Al) y hierro (Fe) son comunes en todas las arcillas.

No obstante, en contraste con las pastas matrices de Lucre e Inca, la pasta matriz Killke muestra una concentración significativamente más alta de Ca (min.: 7586.4 ppm, máx.: 82503.68 ppm), seguida de K (min.: 27135.54 ppm, máx.: 66132.3 ppm). Esto sugiere un mayor contenido de carbonatos en la arcilla utilizada para la pasta Killke. Asimismo, comparando los resultados con la Pasta matriz Lucre, las muestras Killke presentan una varianza con niveles mayores de S (min.:7586.4 ppm, máx.:82503.68 ppm). Los demás elementos presentes en la composición, clasificados como intermedios y minoritarios, siguen un mismo orden de concentración decreciente que la pasta matriz Inca.

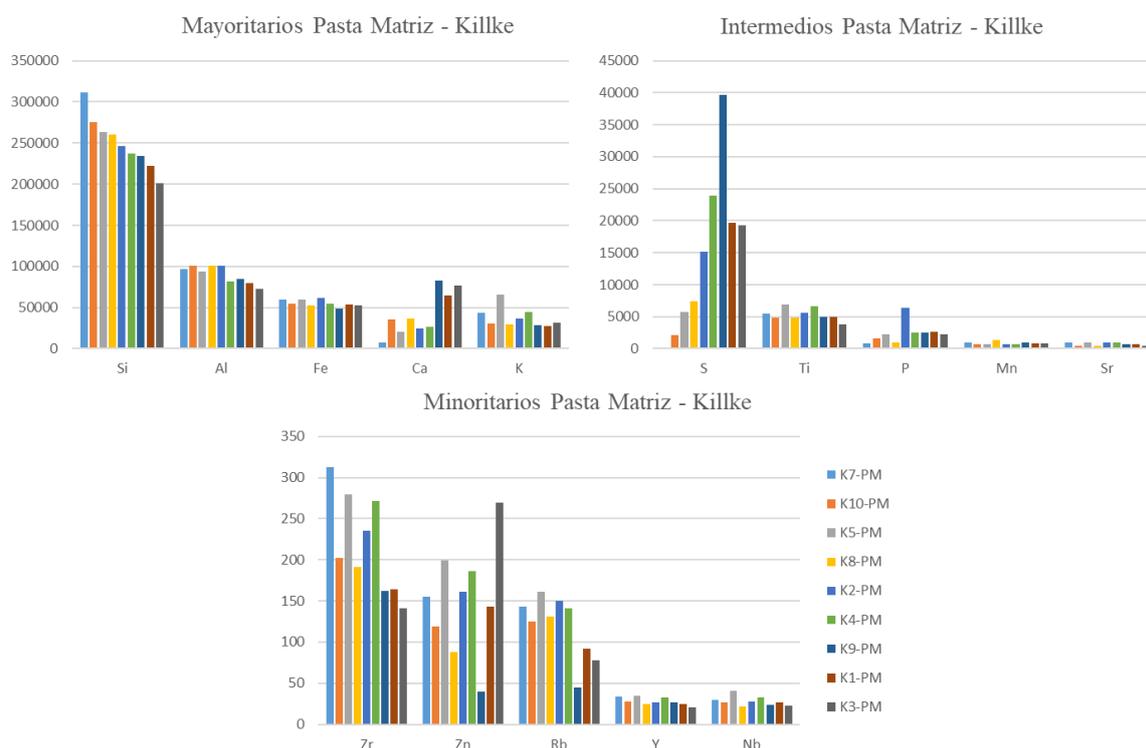


Gráfico 6. Elementos químicos identificados en la Pasta matriz de los 10 fragmentos cerámicos de estilo Killke

b. Pigmento Blanco

Se identificaron los siguientes 15 elementos, ordenados de mayor a menor concentración: Ca, K, Fe, S, P, Ti, Mn, Sr, Zr, Rb, Zn, V, Pb, As y Nb. Al igual que en las muestras de estilo Lucre, el pigmento blanco analizado en los fragmentos Killke poseen una concentración mayor de los elementos químicos de Ca (min.:20725 ppm, máx.: 129585 ppm) y K (min.: 35203 ppm, máx.: 80151 ppm), los cuales son los principales responsables de la coloración observada. La posible procedencia de estos elementos ha sido detallada previamente (pág. 22-23).

Se ha encontrado que el pigmento blanco en la variedad morfológica analizada entre vasos, jarras y platos del estilo Killke del S. A de Choquepukio de la Capa 2 pudo ser calcita o yeso.

Se observa que, la concentración mayoritaria del Fe en el pigmento negro es inferior a la estimada en la pasta matriz.

En cuanto al elemento minoritario Pb (min.:7.8 ppm, máx.: 142 ppm) de las muestras Killke, contienen una ligera varianza mayor que la concentración vista en el pigmento blanco de las muestras Lucre (min.:15.6 ppm, máx.: 44 ppm).

Se puede observar en el Gráfico 7 una correspondencia de concentraciones entre las superficies externas y los reversos en las muestras: K6-B / K6-B_r (vaso) y K2-B / K2-B_r (plato); en oposición, sobre las muestras K4-B / K4-B_r (plato) y K5-B / K5-B_r (vaso), se debe mencionar que las variaciones se pueden deber a: a) por uso o diagénesis, b) el uso de más de un pigmento para la elaboración del engobe en la superficie exterior e interior de una vasija o c) variación natural de una misma fuente de obtención de pigmento (Gajardo, 2017; Neff, 2017).

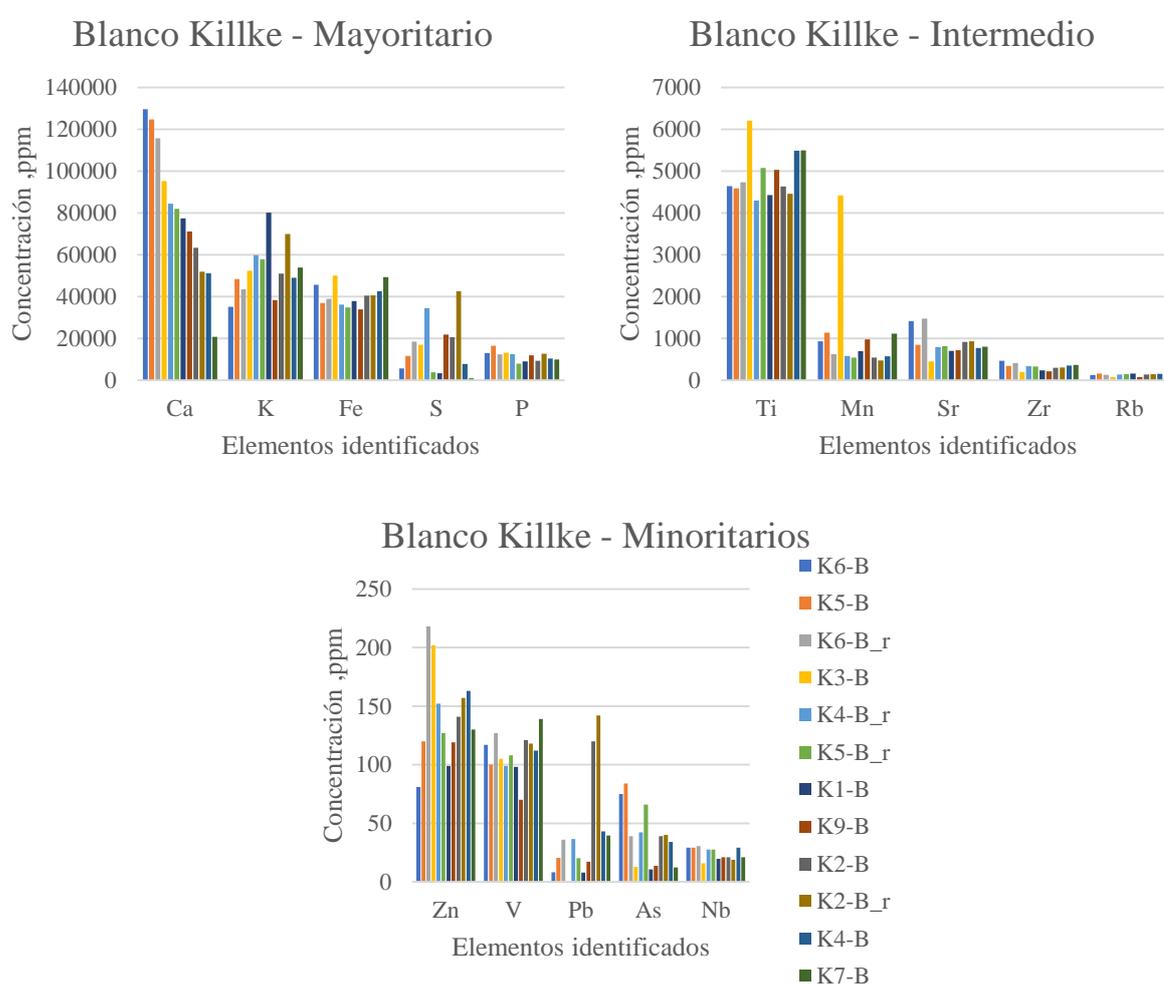


Gráfico 7. Elementos químicos identificados en el pigmento blanco de los fragmentos cerámicos de estilo Killke

c. Pigmento Negro

En 09 fragmentos de estilo Killke, se identificaron 15 elementos químicos, clasificados según su concentración de mayor a menor: Fe, Ca, K, P, S, Ti, Mn, Sr, Zr, V, Zn, Rb, Pb, As, Nb. Se observa según la data, que el Mn es la principal fuente del pigmento negro,

este se encuentra en forma de óxidos de manganeso principalmente como Pirolusita (MnO_2).

Solo en 03 muestras: K1, K3 y K9 que tienen pigmento negro en su decoración, presentaron niveles de Fe superior a la Pasta Matriz. La concentración seguida y mayoritaria del Ca se debe a que el 90% de las muestras presentan pigmento blanco como engobe.

La disparidad de concentraciones del pigmento negro en las muestras como: el Ca, P, Ti, Mn, Zn y el Pb, podría deberse a la utilización de diversas mezclas pigmentarias, así como canteras.

El análisis de las muestras K1, K3, K4, K8, K9 y K10 revela que la concentración de Ti (min.: 4131 ppm, máx.: 22329 ppm) en el pigmento negro es mayor en comparación con los niveles detectados en la Pasta matriz (min.: 3860.45 ppm, máx.: 6958 ppm).

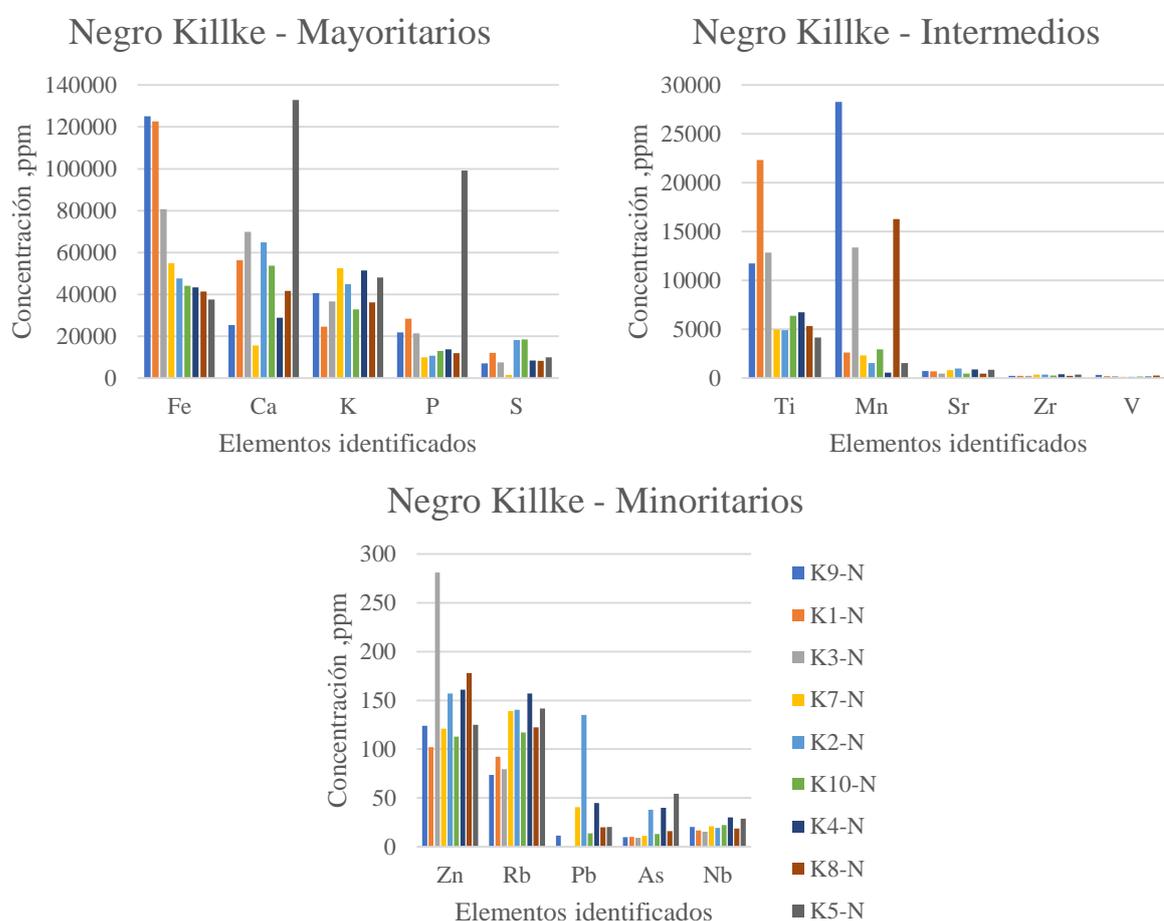


Gráfico 8. Elementos químicos identificados en el pigmento negro de los fragmentos cerámicos de estilo Killke

d. Pigmento Rojo

Se identificaron un total de 15 elementos, los cuales fueron clasificados en orden decreciente de acuerdo con su concentración: Ca, Fe, K, P, S, Ti, Mn, Sr, Zr, Zn, Rb, V, As, Pb y Nb. La concentración mayoritaria de Ca en las muestras K4, K5 y K6 se atribuye

a la presencia del pigmento blanco utilizado como engobe. En las muestras K7-R y K10-R, presentan una mayor concentración de hierro (Fe), explicando la presencia de una capa pictórica de color rojo más gruesa.

Se continúa con la conjetura de que las fuentes minerales responsables de la coloración roja en las muestras podrían corresponder a la hematita.

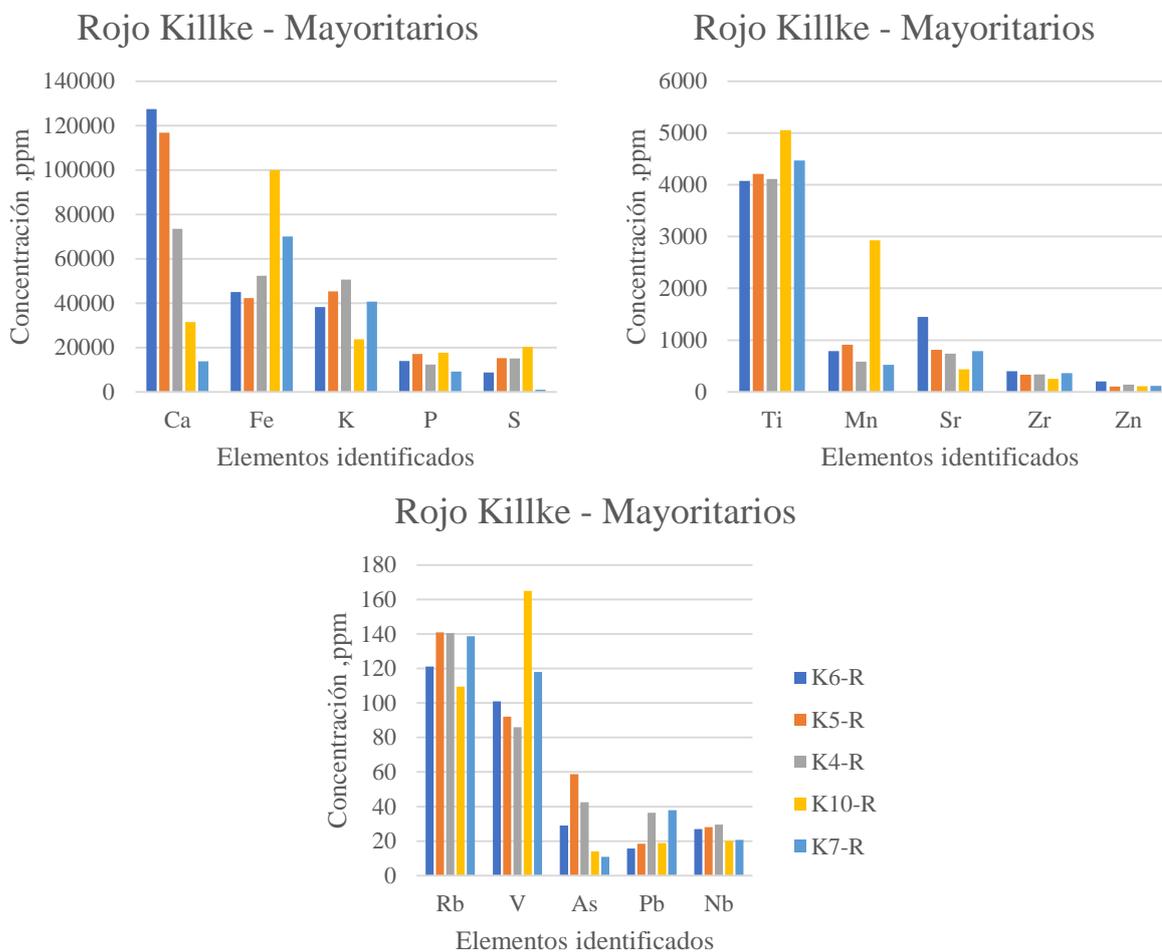


Gráfico 9. Elementos químicos identificados en el pigmento rojo de los fragmentos cerámicos de estilo Killke

e. Pigmento Marrón

Los fragmentos cerámicos que presentan el pigmento marrón en su decoración son K3 y K6, en ellos se identificaron un total de 15 elementos, que se clasificaron de mayor a menor concentración: Ca, Fe, K, P, Mn, S, Ti, Sr, Zr, Zn, V, Rb, As, Nb y Pb. La comparación de concentraciones con la Pasta matriz y el pigmento blanco de las muestras K3 y K6, indican que el pigmento marrón proviene de óxidos de Mn como la Pírolusita (MnO_2)

Se observa que la muestra K3-M es mayoritaria en Ca (91744 ppm) y la muestra K6-M es mayoritaria en Fe (134334 ppm). En el primer caso se sugiere que el análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX) está detectando el engobe blanco aplicado sobre la

superficie de la cerámica; por otro lado, la muestra K6-M en una observación macroscópica, indica que la elevada concentración del Fe es por una capa pictórica gruesa, cuya composición está asociada a la hematita.

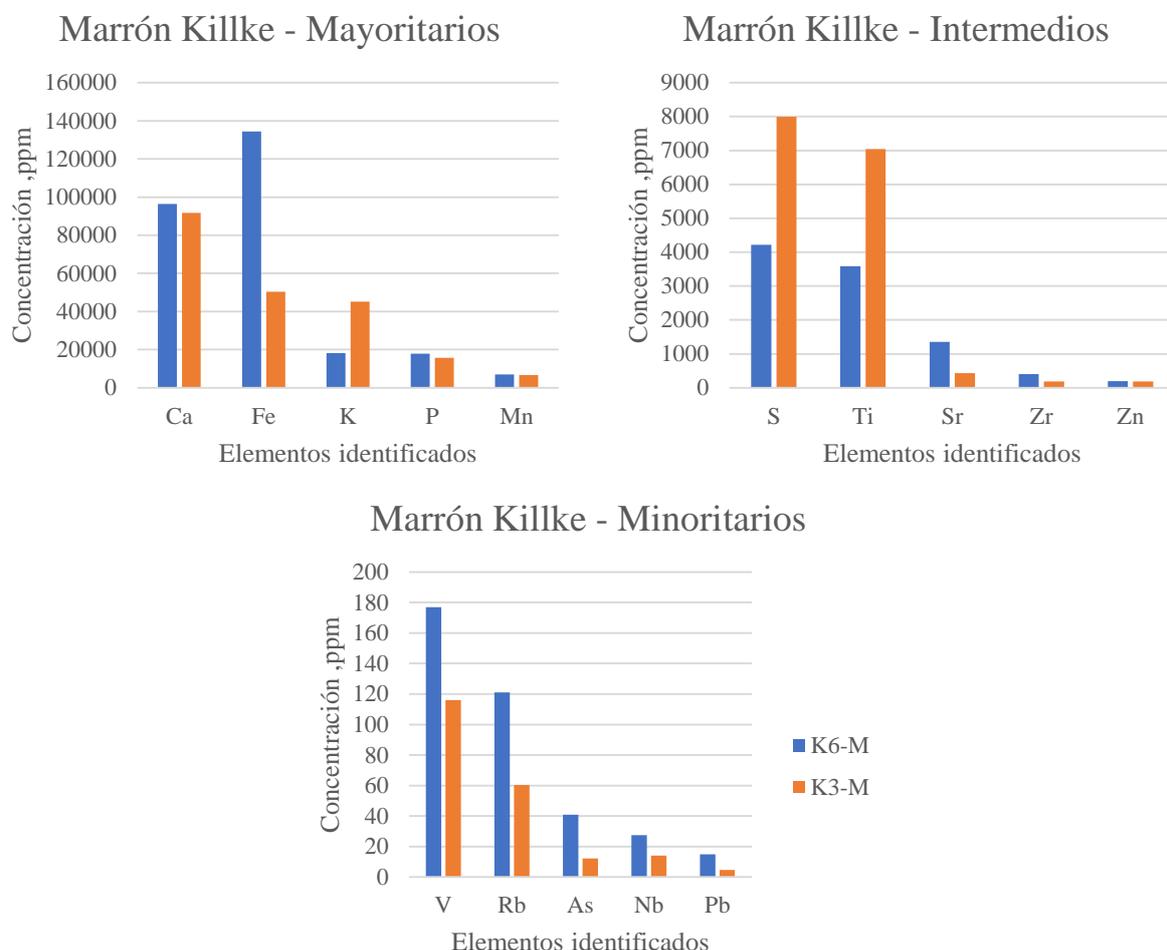


Gráfico 10. Elementos químicos identificados en el pigmento marrón de los fragmentos cerámicos de estilo Killke

4.1.3. Composición elemental de la cerámica Inca

a. Pasta Matriz

Se identificaron 15 elementos químicos, los cuales fueron ordenados según su concentración, de mayor a menor: Si, Al, Fe, K, Ca, Ti, S, P, Mn, Sr, Zr, Zn, Rb, Y y Nb.

Como se indicó previamente, los elementos mayoritarios identificados como silicio (Si), aluminio (Al) y hierro (Fe) son comunes en todas las arcillas.

Se debe señalar aquí que el orden de concentraciones resultantes es muy similar a la pasta matriz de las muestras del estilo cerámico Lucre, a excepción de una varianza de orden en el Mn y Sr.

Por otra parte, tal como se indicó en los antecedentes, existe evidencia sólida que demuestra que en el Sitio Arqueológico de Choquepukio se llevó a cabo una producción

extensiva de cerámica de la época Inca. Esto sugiere que la mayor parte de los elementos químicos detectados en los fragmentos cerámicos provienen de las formaciones geológicas locales del domo volcánico circundante, caracterizado por la presencia de afloramientos de shoshonitas y basalto andesítico.

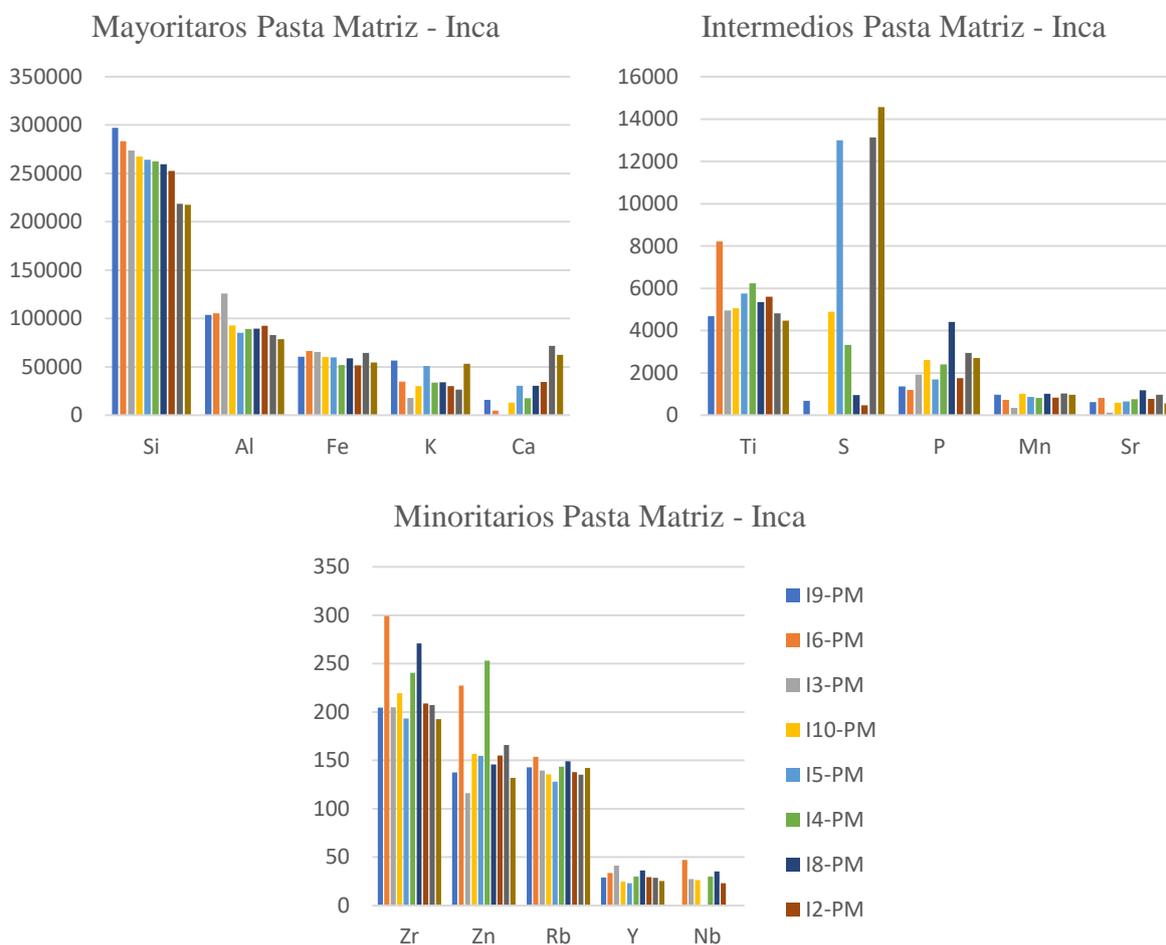


Gráfico 11. Elementos químicos identificados en la Pasta matriz de los 10 fragmentos cerámicos de estilo Inca

b. Pigmento Blanco

Se identificaron 15 elementos químicos, ordenados por su concentración de mayor a menor: Fe, Ca, K, P, S, Ti, Mn, Sr, Zr, Rb, Zn, V, Pb, As, Nb.

Cómo elemento mayoritario se observa al Fe (máx.: 262256 ppm), sin embargo, son solo 03 muestras; I4, I6 e I8, las que superan la concentración de la pasta matriz. Esto se debe a la ubicación de los puntos de lectura del pigmento blanco en estas muestras, los cuales se situaron próximos a líneas de pigmento negro de la decoración.

Asimismo, el Ca está presente como elemento mayoritario en las muestras: I1, I2, I3, I4, I6, I9 e I10, y no en I7 e I8, en estos casos se explica por la erosión presente en la muestra I7 y la capa tenue de pigmento blanco en la muestra I8.

Se debe mencionar que la ubicación de todos los puntos de análisis para el pigmento blanco fue adyacente a delineaciones con pigmento negro que configuran la decoración, es por ello que se observó una concentración de Mn en las lecturas del pigmento blanco

mayor a la proporción de la pasta matriz. No obstante, el color blanco también provendría del uso de fuentes de calcio (Ca).

Aunque la presencia conjunta de Fe, K y Ca, también puede estar asociada a la Riolita, una roca volcánica que contiene típicamente hierro (Fe), calcio (Ca) y potasio (K). Esta roca se encuentra en la geología local del área de estudio, como se documenta en la base de datos de INGEMMET.

Al comparar los elementos minoritarios, se observa una ligera disminución en la concentración de plomo (Pb) en relación con el pigmento blanco utilizado en los estilos cerámicos Killke e Inca.

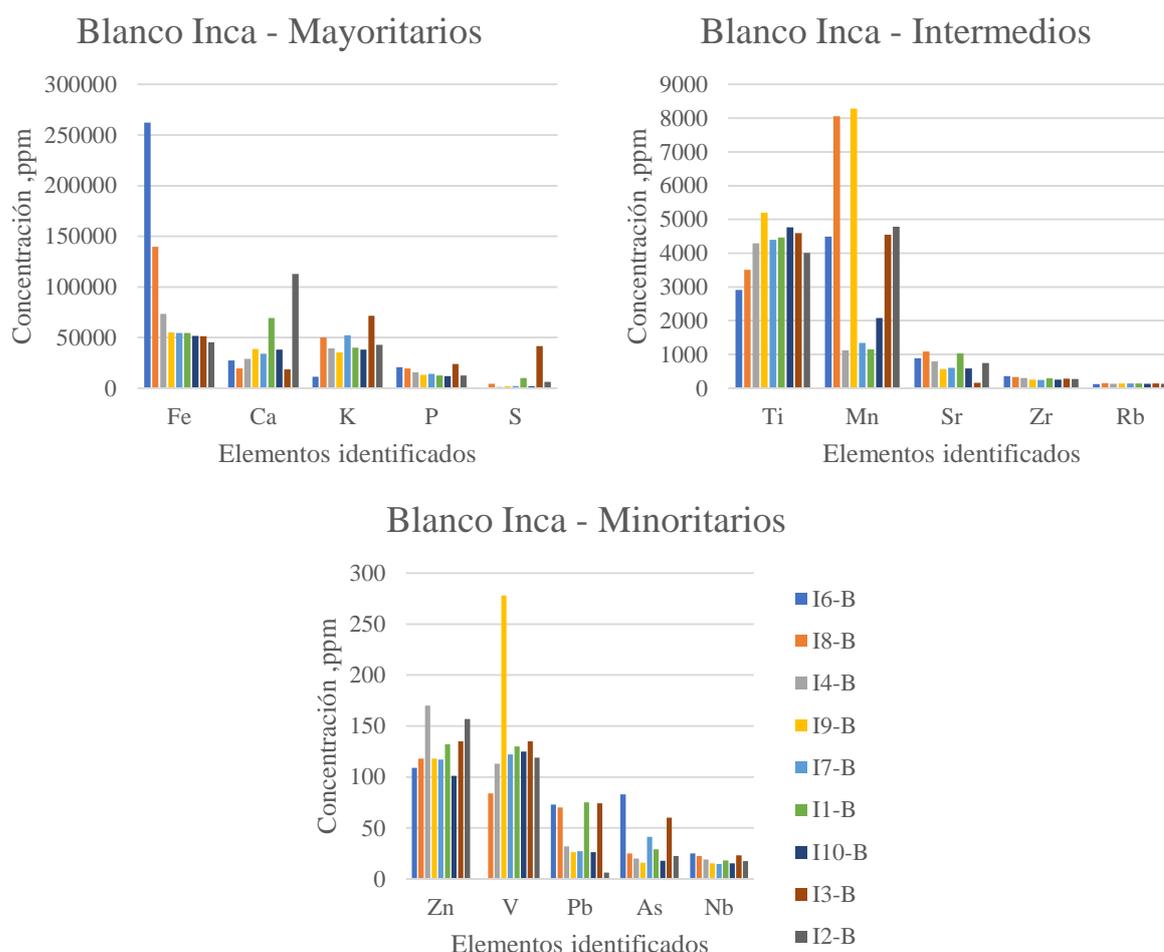


Gráfico 12. . Elementos químicos identificados en el pigmento blanco de los fragmentos cerámicos de estilo Inca

c. Pigmento Negro

Se identificaron 15 elementos químicos, clasificados de mayor a menor concentración: Fe, K, Ca, P, S, Mn, Ti, Sr, Zr, Zn, Rb, V, Pb, As, Nb. Los compuestos que contienen altos niveles de hierro (Fe) y manganeso (Mn) son los principales responsables del pigmento negro, tales como la hematita (Fe_2O_3) y pirolusita (MnO_2). Esto significa que el color negro de las cerámicas incas evaluadas provendría de una mezcla de óxidos de Fe con

óxidos de Mn en diferentes proporciones, aunque el matiz del pigmento negro no se correlaciona directamente con la concentración mayor o menor de Fe o Mn (Tabla 8).

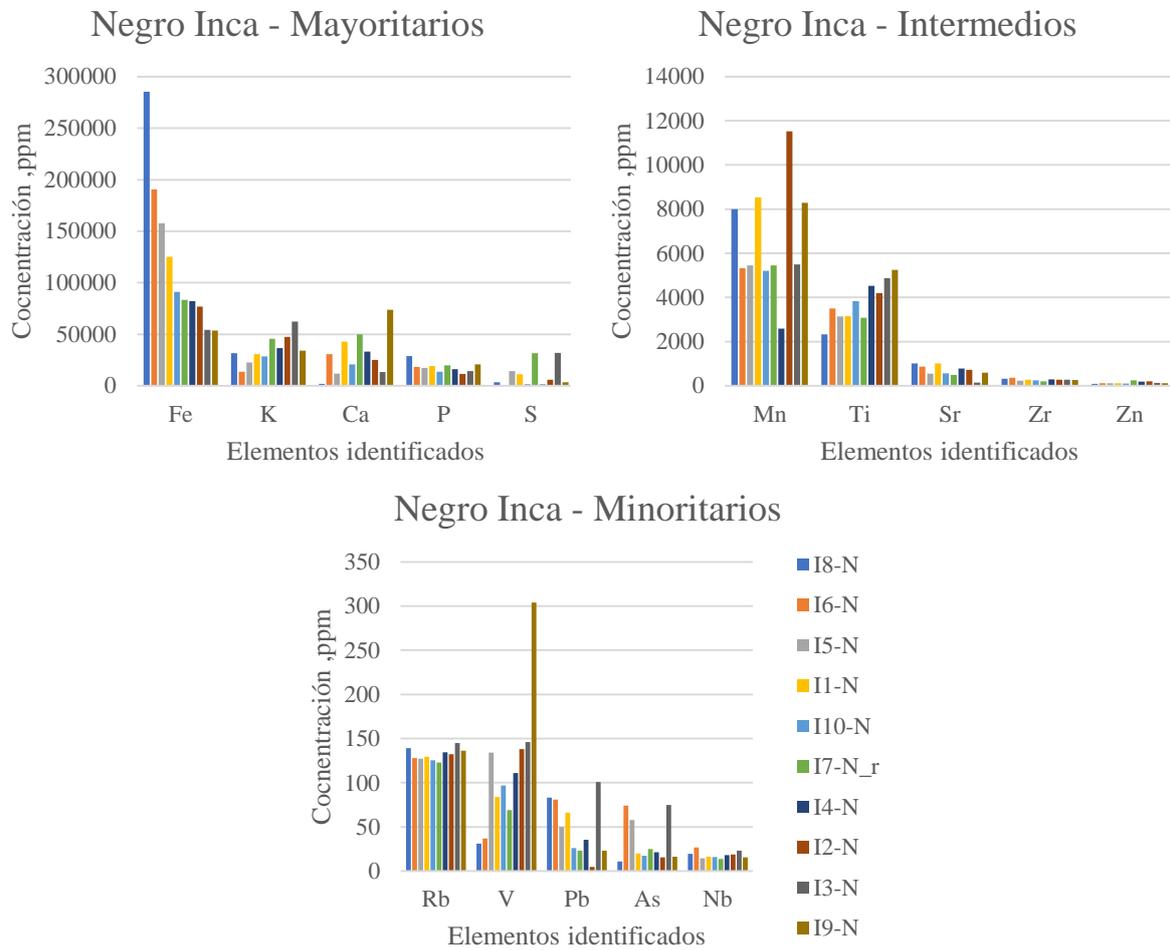


Gráfico 13. Elementos químicos identificados en el pigmento negro de los fragmentos cerámicos de estilo Inca

Muestra	Fe	Mn	Fe/Mn	FOTOGRAFÍA
I6-N	190655	5317	35.85762648	
I8-N	285433	7997	35.69250969	
I4-N	82182	2595	31.66936416	
I5-N	157783	5456	28.91917155	
I10-N	91118	5211	17.48570332	
I7-N_r	83244	5449	15.27693155	
I1-N	125333	8530	14.69320047	
I3-N	54336	5495	9.888262056	
I2-N	76939	11521	6.678152938	
I9-N	53738	8283	6.487745986	

Tabla 8. Comparación del matiz del pigmento negro de los fragmentos cerámicos Inca con relación a la proporción entre Fe y Mn,

d. Pigmento Rojo

Se identificaron 15 elementos químicos, ordenados de mayor a menor: Fe, K, Ca, P, S, Ti, Mn, Sr, Zr, Rb, Zn, V, As, Pb, Nb.

En el análisis de las muestras Inca, se ha detectado niveles elevados de hierro (Fe), lo que sugiere la presencia de óxidos férricos, tales como la hematita (Fe_2O_3). Adicionalmente, se identificaron niveles significativos de potasio (K) y el calcio (Ca), elementos que podrían explicarse por:

- Pudieron ser utilizados para variar la tonalidad o la carga del pigmento rojo
- O estar presente en la combinación con la arcilla utilizada como medio para la preparación del pigmento.

Cabe mencionar que los niveles de calcio también pueden ser atribuibles al uso de engobe blanco, que se encuentra debajo del pigmento rojo en los fragmentos de cerámica I1 e I2.

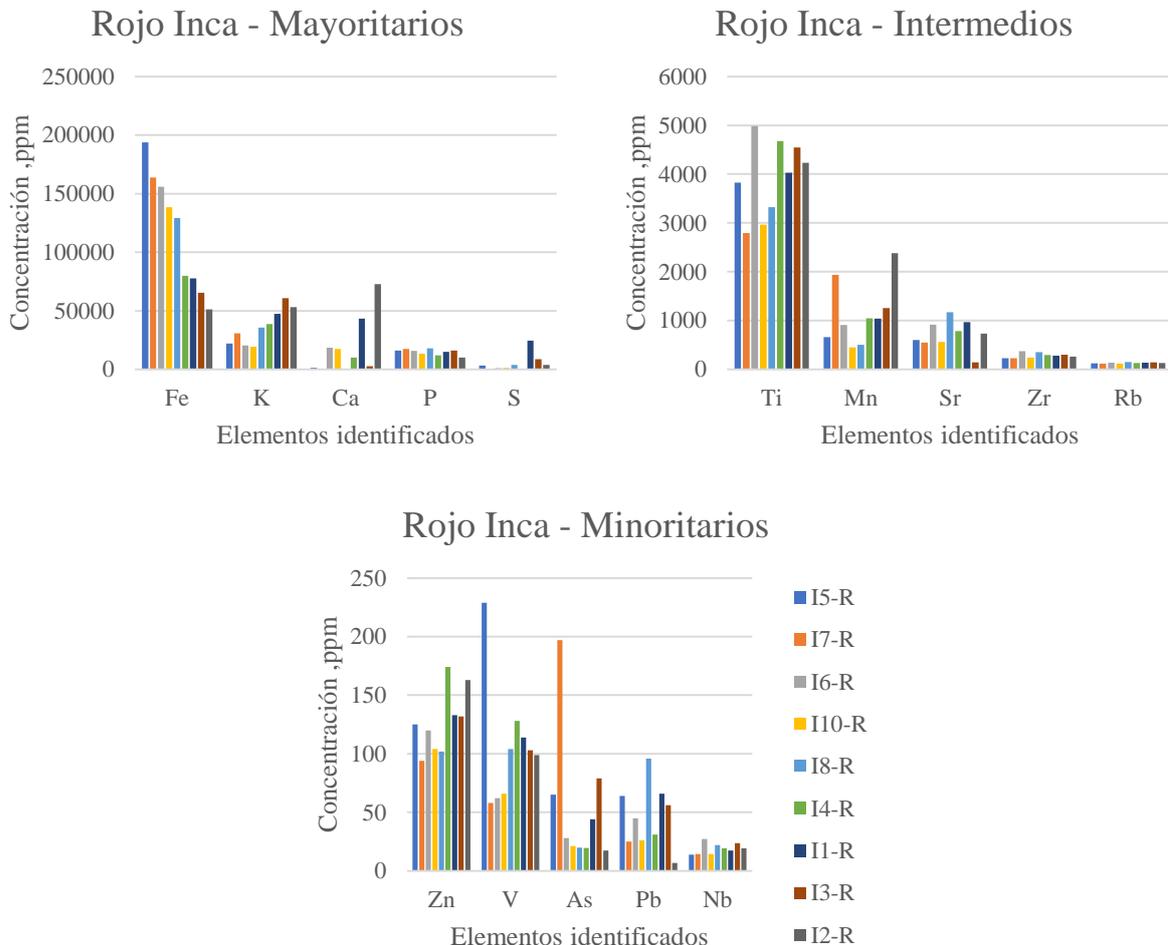


Gráfico 14. Elementos químicos identificados en el pigmento rojo de los fragmentos cerámicos de estilo Inca

e. Pigmento Marrón

En el análisis químico del pigmento marrón en las muestras I1 e I2 se identificaron un total de 15 elementos, clasificados en orden descendente según su concentración: Ca, Fe, K, P, S, Mn, Ti, Sr, Zr, Rb, Zn, V, Pb, As, Nb. Entre ellos, el manganeso (Mn) refleja el principal componente responsable de la coloración marrón, asociado con el mineral pirolusita. Sin embargo, se observa que la interacción del manganeso con otros elementos varía según la muestra analizada, lo que sugiere combinaciones específicas para obtener las tonalidades marrones:

- En la muestra I2-M, se registró una concentración predominante de Ca (160435 ppm), incluso superior a la detectada en el pigmento blanco (112970 ppm). Este hecho indica que la coloración marrón podría haberse logrado mediante una mezcla de manganeso con calcio.
- En la muestra I1-M, el Fe (66877 ppm) fue el elemento predominante. En este caso, indicaría la combinación de óxidos de hierro, como hematita, con óxidos de manganeso.

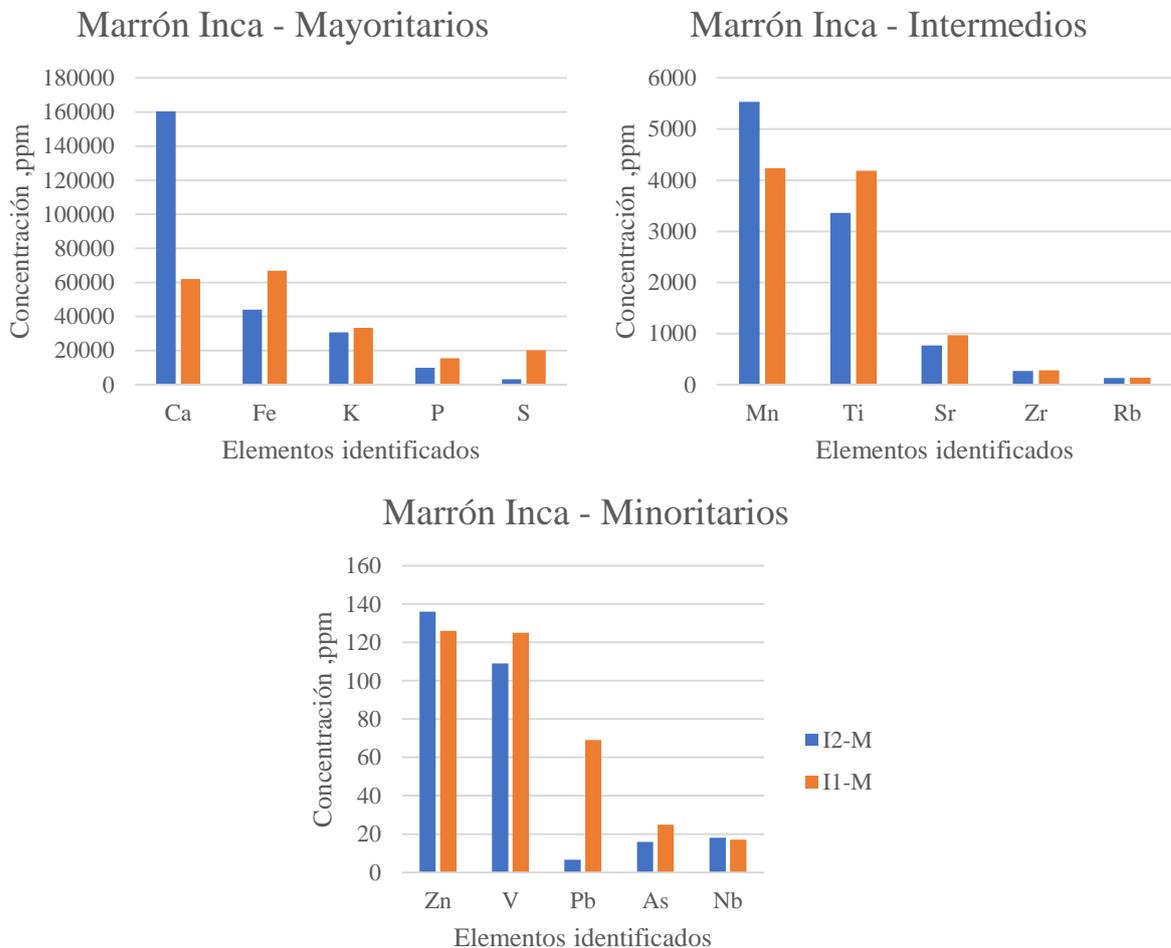


Gráfico 15. Elementos químicos identificados en el pigmento marrón de los fragmentos cerámicos de estilo Inca

4.1.4. Comparación de la Pasta matriz

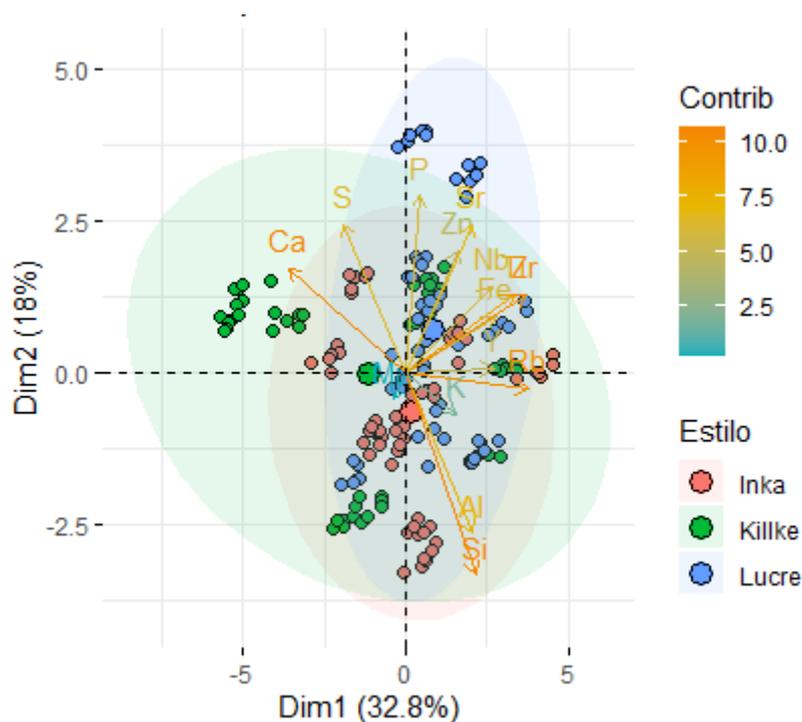


Gráfico 16. PCA de la Pasta Matriz de las muestras Inca, Lucre y Killke

- El Dim1 (32.8%) y el Dim2 (18%) explican el 50.8% de la variabilidad total de los datos.
- El PCA de las 10 muestras analizadas de estilo Inca están principalmente localizadas hacia el lado derecho del gráfico (Dim1 positivo), donde se observan asociaciones más fuertes con Fe (hierro), Pb (plomo), Si (silicio) y Al (aluminio).
- Las muestras de este estilo Killke tienden a agruparse hacia el lado izquierdo del gráfico (Dim1 negativo) y ligeramente en la región superior, es decir con una mayor dispersión. Se asocian más con Ca (calcio) y S (azufre). Esto indica que estas muestras tienen concentraciones más elevadas de estos elementos.
- Las muestras del estilo Lucre están distribuidas en la parte superior derecha y central del gráfico. Se observa una asociación con elementos como Zr (zirconio), P (fosforo), Sr (estroncio), Zn (zinc) y Nb (niobio).

Síntesis:

El PCA muestra un agrupamiento central de los fragmentos cerámicos Inca, Lucre y Killke por los elementos químicos Mn y K, sin embargo, cada grupo tiene un sentido de asociación, Killke hacia el lado izquierdo del gráfico (Dim1 negativo), Lucre hacia la parte superior derecha, e Inca en una parte central de ambos grupos, compartiendo elementos químicos en la Pasta matriz.

Se debe señalar que Killke tiene una mayor dispersión en el gráfico, lo que podría indicar que la pasta matriz, es decir, los fragmentos cerámicos provienen de diferentes canteras.

4.1.5. Comparación de pigmentos Blancos

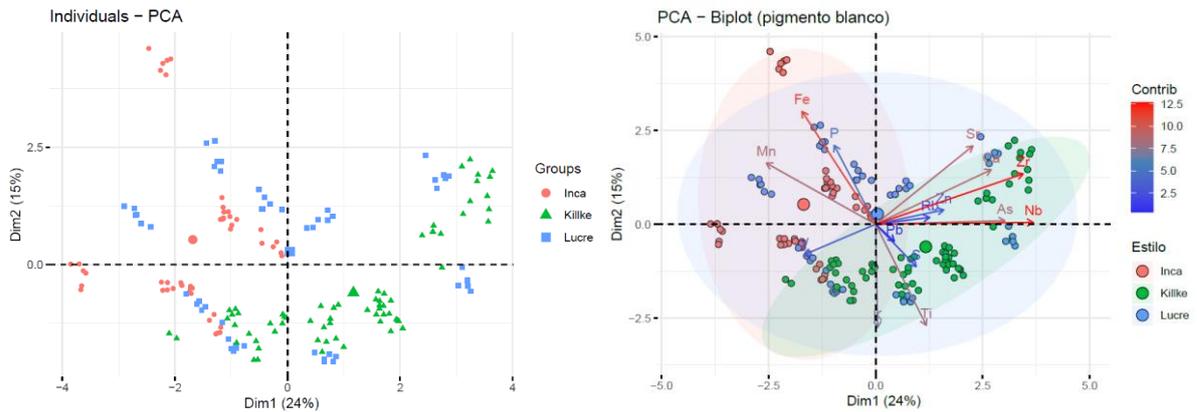


Gráfico 17. PCA del pigmento blanco en las muestras Inca, Lucre y Killke

- En el análisis preliminar, las dimensiones principales (Dim1 y Dim2) explican el 24% y 15% de la variación total de los datos, respectivamente. Esto significa que estas dos dimensiones combinadas representan el 39% de la variación observada en la composición de los pigmentos blancos.
- Se observa que las muestras de estilo Inca tienden a estar más separadas y distribuidas hacia la región izquierda del gráfico.
- La mayoría de las muestras Killke se encuentran concentradas en el extremo derecho.
- Las muestras del estilo Lucre, se encuentran dispersos en todo el gráfico.

Síntesis:

Este gráfico indica que, si bien existe un traslape de concentraciones, las muestras Inca y Killke de pigmento blanco se agrupan en función de su estilo cerámico, y cada grupo está asociado con la presencia de diferentes elementos químicos. Las muestras de estilo Inca están más influenciadas por el fosforo, mientras que las de estilo Killke muestran una mayor relación con el elemento químico zirconio y calcio. En tanto que las muestras de Lucre parecen estar en una posición intermedia entre los dos grupos anteriores.

4.1.6. Comparación de los pigmentos Negros

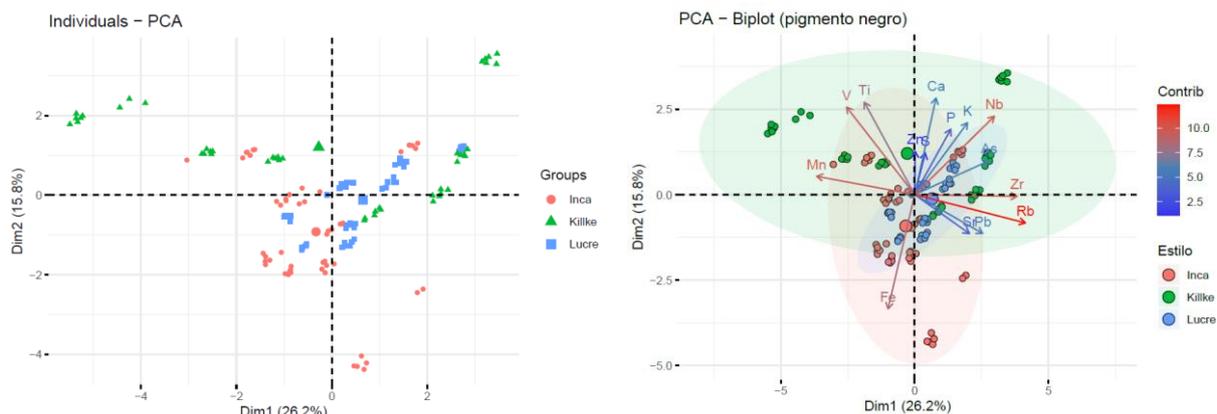


Gráfico 18. PCA del pigmento negro en las muestras Inca, Lucre y Killke

- En el análisis preliminar, los ejes principales Dim1 y Dim2 explican el 42% de la variabilidad total de los datos.
- La mayoría de las muestras de estilo Inca se agrupan en la parte central-inferior, lo que indica que tiene menor variabilidad interna en la composición del pigmento.
- Por otro lado, existe una dispersión significativa de las muestras del estilo Killke y poseen una tendencia de agrupación hacia la región superior del gráfico.
- Las muestras del estilo Lucre presentan una asociación química más sólida y centrada en el gráfico, esta menor dispersión puede indicar una mayor uniformidad en la selección de materiales o en las técnicas empleadas para preparar los pigmentos. Además, los elementos químicos que definen al estilo Lucre no contribuyen tanto a la varianza, es decir, estos elementos están asociados únicamente con el estilo Lucre y no con los otros estilos, lo que marca una distinción química significativa.

Síntesis

Las muestras de estilo Inca y Lucre muestran una estandarización de concentración, a diferencia de la dispersión encontrada en la región superior del estilo Killke. El estilo Lucre muestra una menor dispersión en comparación con el estilo Inca, lo que sugiere que sus pigmentos son más homogéneos en términos de la composición química, que tienen propiedades químicas más específicas. En este sentido, ambos estilos comparten una consistencia en los métodos o materiales utilizados, aunque los elementos específicos diferían.

Por su parte, para la elaboración del pigmento negro del estilo Killke, se utilizó una mayor diversidad de fuentes y/o “recetas”.

4.1.7. Comparación de los pigmentos Rojos

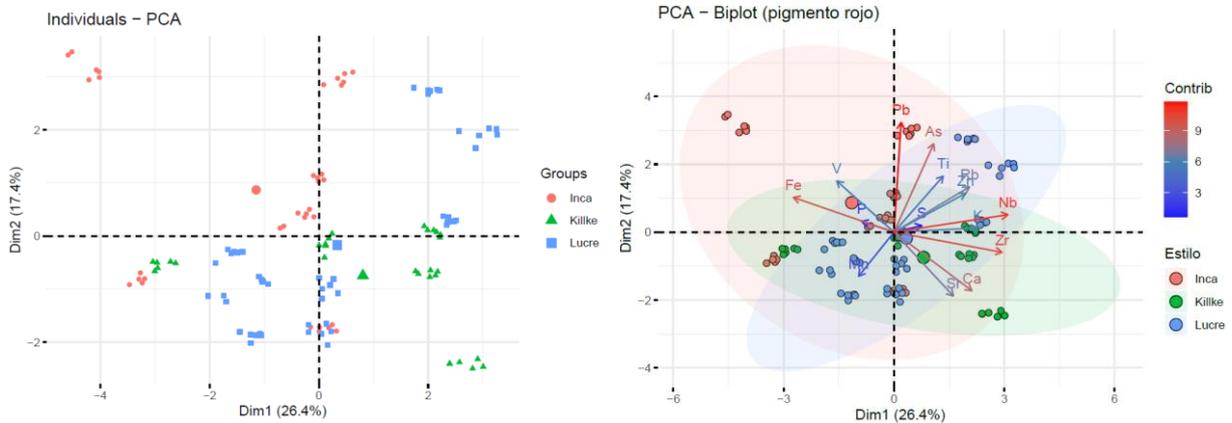


Gráfico 19. PCA del pigmento rojo en las muestras Inca, Lucre y Killke

- El eje vertical y horizontal del análisis preliminar en el gráfico explican el 43.8% de la variabilidad total en la composición de los pigmentos rojos.
- El pigmento rojo de las muestras de estilo Inca se concentra mayormente hacia la parte izquierda del gráfico.
- La agrupación del estilo Killke se encuentra principalmente en el cuadrante inferior derecho.
- La dispersión del pigmento rojo de las muestras del estilo Lucre se asocia a ambas regiones del gráfico.

Síntesis

La concentración de las muestras Killke y Lucre tienen algunos elementos compartidos, lo que sugiere un solapamiento en el uso de materiales, sin embargo, existe mucha variación interna en cada estilo.

El análisis sugiere que los tres estilos muestran diferencias significativas en las dos dimensiones (Dim1 y Dim2), lo que indica que los componentes químicos identificados y sus agrupaciones se distinguen entre los tres grupos.

4.1.8. Comparación de los pigmentos Marrones

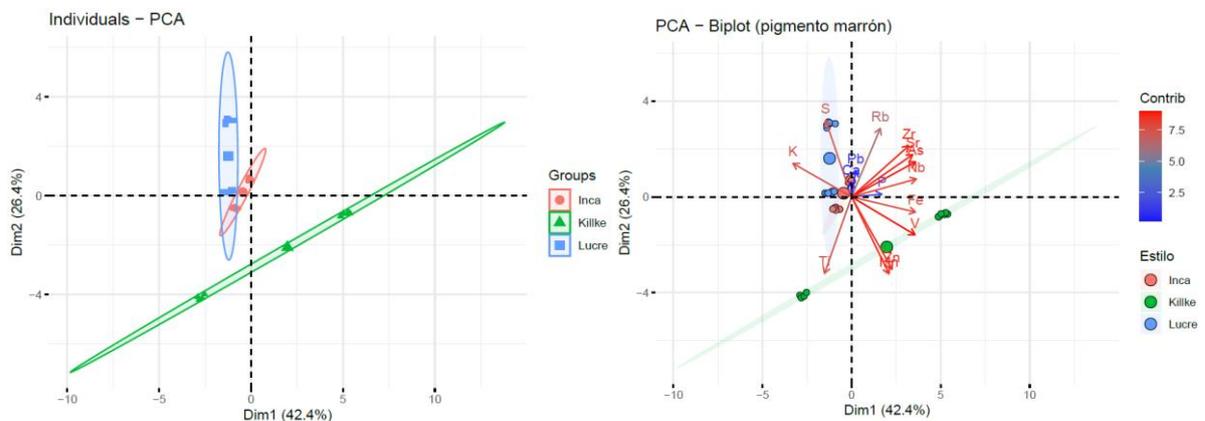


Gráfico 20. PCA del pigmento marrón en las muestras Inca, Lucre y Killke

- Los ejes Dim1 (42.4%) y Dim2 (26.4%) en el análisis preliminar explican el 68.8% de la variación total en los datos.
- Las muestras del estilo Inca en relación al pigmento marrón se concentran en la parte central-izquierda del gráfico.
- Por su parte las muestras Lucre se agrupan en el cuadrante izquierdo superior.
- A diferencia de las muestras Inca y Lucre, las tres mediciones del estilo Killke se encuentran en la región inferior del gráfico.

Síntesis

En relación a la evaluación del pigmento marrón, existe una proximidad entre las muestras del estilo Inca y Lucre, a diferencia del estilo Killke que se encuentra significativamente distante.

Se puede deducir que la composición de la mezcla empleada para el pigmento marrón en la cerámica varía entre los distintos estilos. No obstante, aunque se utilizó la misma materia prima, esta fue combinada y aplicada de formas diferentes según el estilo cerámico.

4.2. Análisis por LIBS

En principio, se llevó a cabo la optimización de las condiciones de medición del láser, basándonos en investigaciones anteriores de cerámica realizados en el Laboratorio de LEOnoD. Para ello, se tomaron en cuenta parámetros identificados como la composición, la dureza de los fragmentos de cerámica y sobre todo el comportamiento durante la exposición al láser.

A continuación, se describen las condiciones optimizadas del láser, para asegurar la precisión de los resultados obtenidos.

Laser (mJ)	Rep. Rate (Hz)	Int. Time	Delay	N° Measurem	N° Spect.	N° Acumul.
340	10	1.10 ms	1.28 μ s	1	1	10

Tabla 9. Condiciones de optimización del láser

Durante el análisis exploratorio se seleccionaron las muestras: I2 - I9, con el objetivo de verificar diferencias estratigráficas, lo que permitió establecer tres variables específicas iniciales:

- Primero, cotejar la presencia del Titanio (Ti) en el pigmento blanco y la pasta matriz,
- Segundo, se buscó determinar si el pigmento negro utilizado también proviene de carbón, y no solo de Mn.
- Tercero, identificar la estratigrafía de los elementos químicos asociados a la aplicación del pigmento o propios de la pasta.

En este sentido, a partir de estándares se obtuvo información de las líneas espectrales y los niveles de energía asociados a los elementos químicos del Fe, Ti, Mn, C y Zn, proporcionados por el laboratorio.

Elemento Químico.	Longitud de onda de salida (nm)
Fe	589.036
	589.613
Ti	551
	498.2
Mn	478.459
C	471.455
	469.752
	473.72
Zn	478.083

Tabla 10. Líneas espectrales seleccionadas de los elementos químicos en los estándares

Seleccionadas las líneas espectrales, se realizó el análisis a las muestras I2 – I9, incluyendo las modificaciones en los disparos (shots) experimentales según la naturaleza de aplicación y grosor, avanzando en la profundidad del pigmento hasta llegar a la pasta matriz.

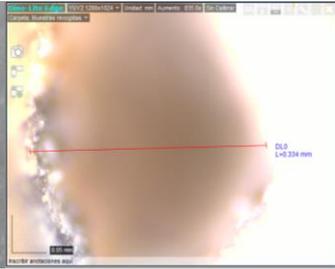
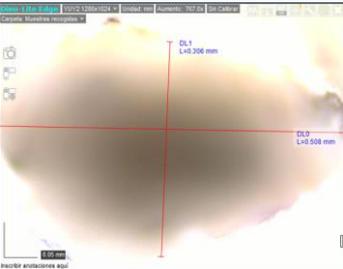
Muestra	Área analizada	Shots
I9	Pasta matriz	2, 4, 8, 16, 32, 64
	Pasta matriz	2, 4, 8, 16, 32, 64
	Pasta matriz	2, 4, 8, 16, 32, 64
		
	Pigmento blanco	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20
	  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> Diámetro del cráter: DL0: 0.334 mm con 20 disparos </div>	
	Pigmento negro	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30
		
I2	Pasta matriz	2 Shots por 32
	  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> Diámetro del cráter: DL 0: 0.508mm DL 1: 0.306mm con 20 disparos </div>	
	Pigmento negro	2 Shots por 30 veces
		

Tabla 11. Número de disparos (Shots) por muestra, fotografías y medidas referenciales de los cráteres.

Se obtuvieron los siguientes resultados en relación con los pigmentos, basados en el contraste de los análisis de intensidades de los elementos químicos en su estado puro, así como los de la pasta matriz.

En la muestra I9:

- a) El análisis mediante la técnica LIBS no reveló evidencia de la presencia de titanio (Ti) en el pigmento blanco, a diferencia de lo observado en el análisis previo de FRXp. En su lugar, se identificaron intensidades que corresponden al bario (Ba), cuya proximidad espectral en FRX podría generar confusión con las señales de titanio.
- b) No se encontró indicadores que sugirieran el empleo del Carbón (C) o carbón vegetal, que se consideraría potenciales materias primas que se encontrarían fácilmente disponibles para los alfareros, por lo tanto, se plantea la posibilidad del uso de materiales no orgánicos para la elaboración del pigmento negro.
- c) También se identificó que el rubidio (Rb) proviene del pigmento negro y no es un elemento químico de la pasta matriz.

En la muestra I2:

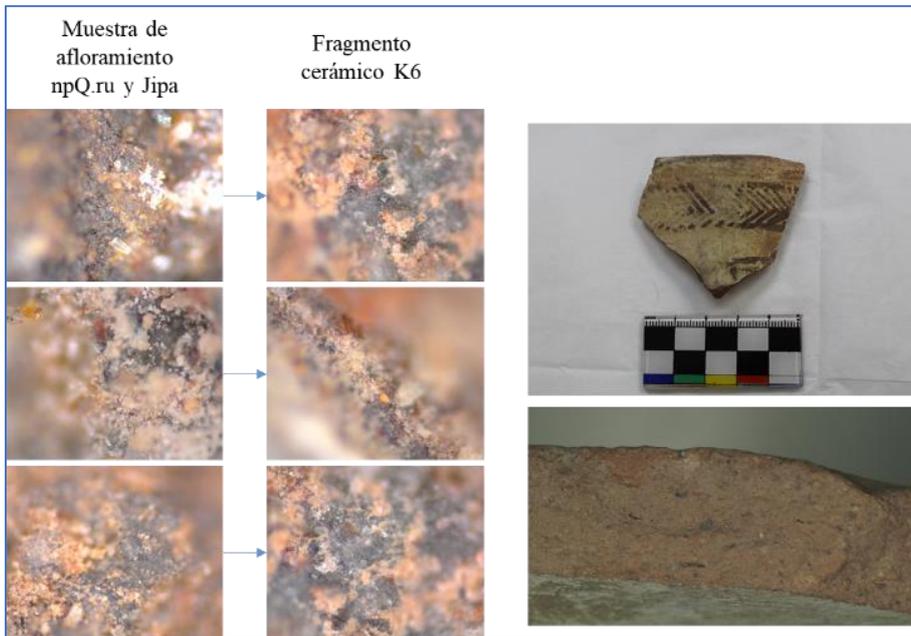
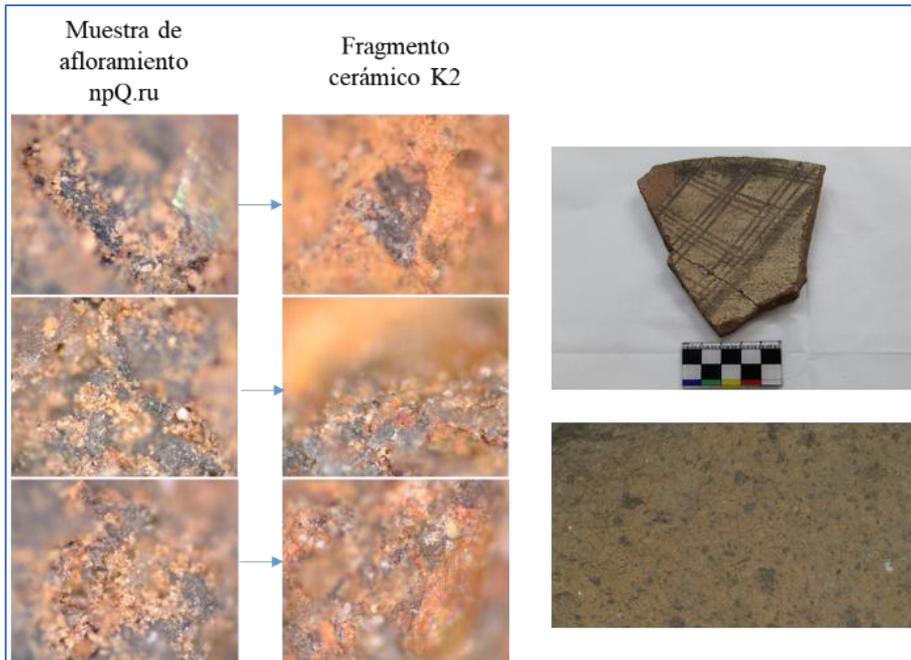
- d) En el análisis del pigmento negro en la muestra I2, se detectó en un primer estrato el Mn, en las capas inferiores se encontró el Ba y Ca correspondiente al pigmento blanco como engobe.

4.3. Análisis de la Pasta matriz por microscopio DinoCapture 2.0

Este análisis se realizó con el software DinoCapture 2.0. a los 30 fragmentos objeto de estudio, las imágenes tomadas se realizaron por el lado de la fractura. Asimismo, se recogieron muestras circundantes de los afloramientos rocosos del S.A Choquepukio, poniendo énfasis en la andesita, codificada como “npQ.pu” y “Jipa” según la base de datos del INGEMMET (Boulangger et. al, 2019).

En este punto se debe aclarar que, aunque se identificaron en la pasta matriz los mismos 15 elementos químicos en cada estilo, no significaría una producción local totalitaria, ya que se debe a la configuración del “Modo Soil” del FRXp y por qué, las fotos microscópicas obtenidas de la pasta matriz, muestran mordientes diversas sobre todo en las muestras de cerámica Killke. En cuanto a las 10 muestras Inca y 10 muestras Lucre, se registró el “sello distintivo” de la andesita.

Durante el análisis de las fotografías de los fragmentos de cerámica Killke, se observó que 03 fragmentos de cerámica también presentan andesita (npQ.pu/ Jipa) como mordiente en la pasta (Fig. 06).



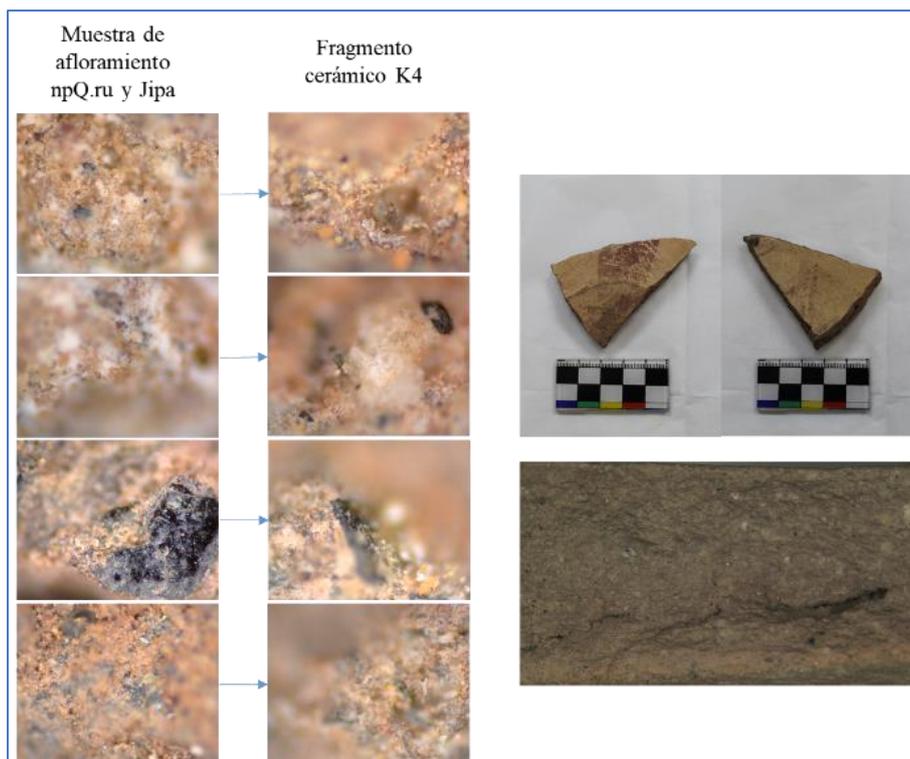


Figura 5. Identificación de andesita en los fragmentos cerámicos de estilo Killke: K2, K4 y K6.

5. Acciones de conservación preventiva

Se cumplió con seguir las pautas indicadas en la:

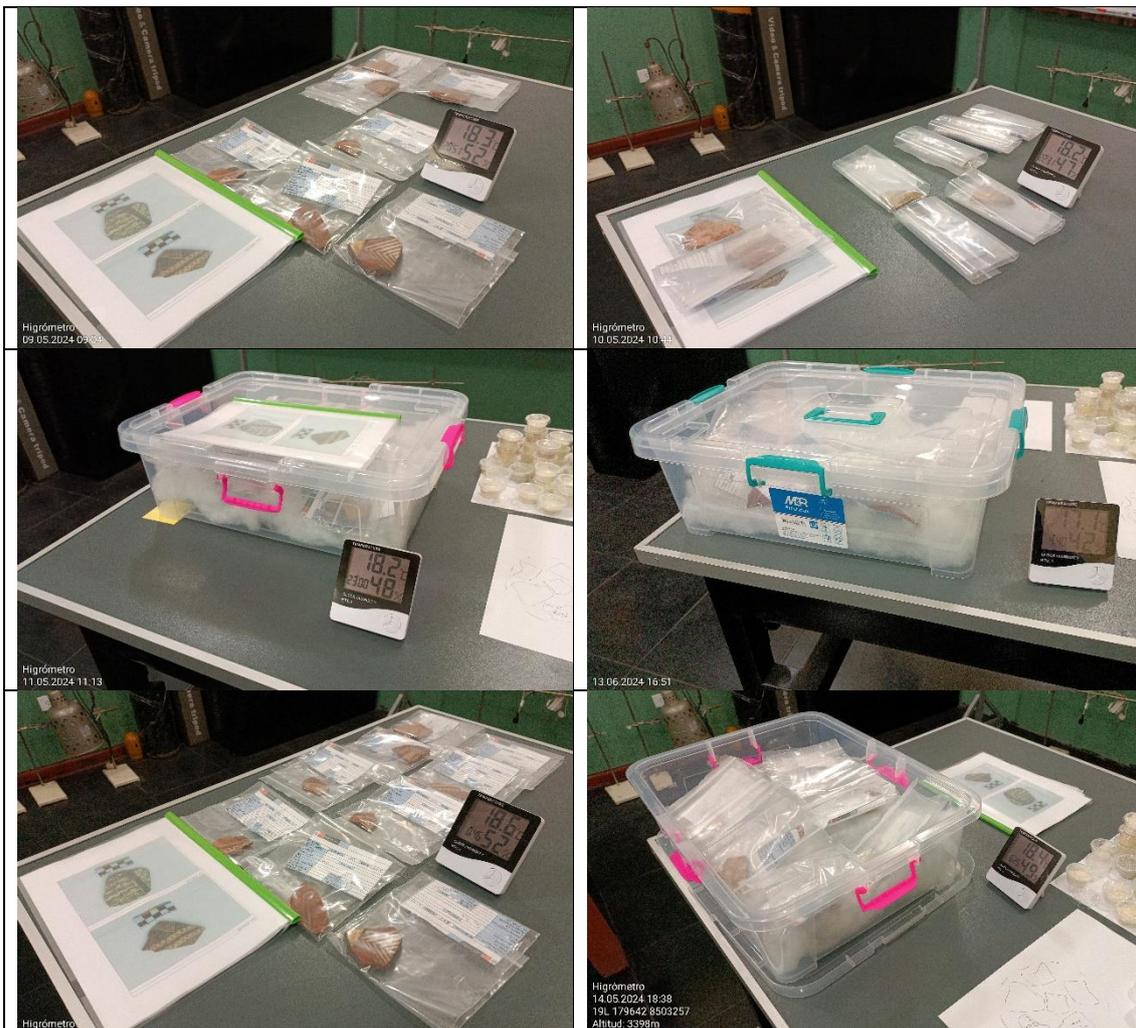
- Guía N° 001-2020-VMPCIC/MC “Criterios básicos para la entrega de Bienes Culturales Muebles procedentes de Proyectos de Intervención Arqueológica al Ministerio de Cultura”, y
- “Guía de Manipulación para el Registro de Bienes Culturales Muebles” aprobado mediante Resolución Directoral N° 041- 2016/DGM/VMPCIC/MC.

Asimismo, según las competencias adicionales y complementarias de conservación establecidas en el expediente presentado, se han cumplido los siguientes aspectos:

- Se respetaron las características estructurales, materiales, formales y funcionales que definen las muestras de fragmentos de cerámica.
- Se cumplió con el criterio de mínima intervención, lo cual implicó que todas las intervenciones realizadas fueran justificadas, limitándose estrictamente a lo necesario. Se eligieron tratamientos eficaces orientados a minimizar el deterioro de los bienes, respetando la materialidad del objeto.
- Se respetó la historicidad de los bienes, siempre y cuando no se comprometieran los aspectos fundamentales de su concepción. Las intervenciones realizadas fueron evaluadas de manera interdisciplinaria para asegurar que no perjudicaran la interpretación histórica y cultural del bien, dejando una documentación exhaustiva al respecto.

- Se utilizaron únicamente los materiales y técnicas establecidos en el presente plan de proyecto, garantizando que la intervención respetara la integridad de los valores culturales e históricos de los bienes.
- Se respetó la autenticidad del bien cultural, evitando cualquier adición mimética que pudiera comprometer su integridad.
- No se realizaron acciones que implicaran la pérdida de la unicidad de los fragmentos de cerámica objeto de estudio.

Cabe destacar que en las muestras I2 e I9, los cráteres generados por el análisis de LIBS presentan dimensiones de DL0: 0.334 mm y DL0: 0.508 mm, DL1: 0.306 mm, respectivamente. Estas dimensiones son difíciles de percibir a simple vista, lo que convierte a esta técnica en un método mínimamente invasivo para ambas muestras.



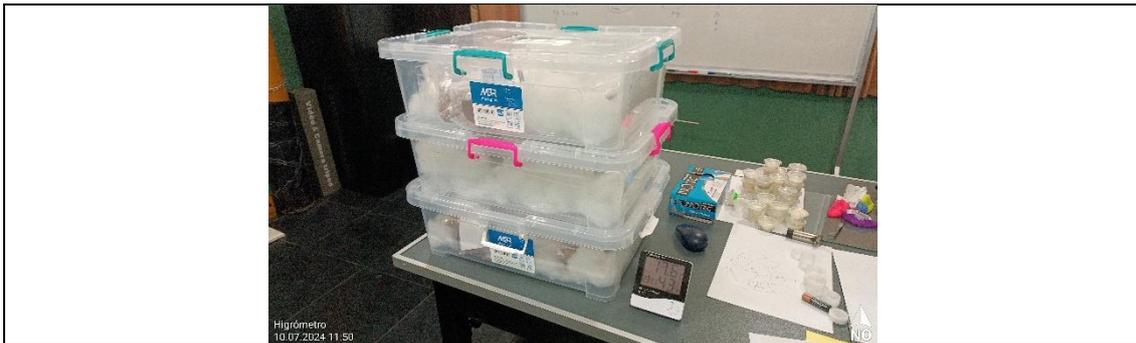


Tabla 12. Fotos del control de la temperatura y humedad con un higrómetro.

6. Conclusiones y recomendaciones

Se utilizaron dos equipos analíticos combinados para caracterizar la fracción inorgánica de los pigmentos de la cerámica del Periodo Intermedio Tardío y Horizonte Tardío del S.A de Choquepukio, los resultados obtenidos permitieron revelar una aproximación sobre la tecnología del color en el territorio estudiado, con el fin de constituir una primera contribución a la problemática arqueológica bajo la premisa de que los atributos cerámicos pertenecientes a determinada cultura pretérita, son por regla general, reestructuraciones de sus pasados (Yamamoto et al, 2013). En este sentido el estudio multidisciplinario permite realizar una distinción en cuanto a la homogeneidad o heterogeneidad en el tratamiento de los pigmentos de los estilos cerámicos Lucre, Killke y la cerámica sucesora Inca.

En primer lugar, se identificaron los componentes químicos de los pigmentos: blanco, negro, rojo y marrón presentes en la decoración y engobe de la cerámica Lucre, Killke e Inca mediante pXRF y LIBS.

Para el pigmento blanco, en los tres estilos cerámicos, provendría del uso de fuentes de calcio (Ca), posiblemente extraído de yacimientos de calcita o yeso, así como su derivante de este último la cal viva.

El color negro proviene de minerales ricos en Fe y Mn, que según la geología local de Cusco y Lucre, corresponde a la Magnetita, Hematita o Pirolusita.

El elemento natural responsable de la coloración del rojo, por su elevada presencia de Fe, corresponde a la Hematita, que por diferentes condiciones de temperatura se pueden obtener colores terrosos de rojo a negro.

Para el pigmento marrón, se observa que, en los tres estilos cerámicos predomina una interacción del Mn (pirolusita) con Ca (calcita o yeso) y solo en algunos un aditivo de Fe (hematita o magnetita), esto muestra una varianza según la muestra analizada, lo que sugiere combinaciones específicas para obtener las tonalidades marrones en cada estilo cerámico.

Con las cuantificaciones obtenidas, se realizó el análisis preliminar multivariado de componentes principales (PCA), lo cual determinó agrupaciones de los componentes químicos de los pigmentos en las muestras Lucre, Killke e Inca. Permitiendo finalmente comparar los grupos compositivos químicos de pigmentos de los tres estilos cerámicos del S.A. Choquepukio.

- En primer lugar, se observa que, en la comparación del pigmento blanco, las muestras Inca y Killke se agrupan en función de su estilo cerámico, y cada grupo

está asociado con la presencia de diferentes elementos químicos, mientras que las muestras de Lucre, poseen mucha varianza y parecen estar en una posición intermedia entre los dos grupos anteriores.

- Sobre la comparación del pigmento negro, muestra agrupaciones interesantes en el estilo Inca y Lucre, ambos estilos comparten una consistencia en los métodos o materiales utilizados, aunque los elementos químicos específicos difieren. Incluso el estilo Lucre muestra una menor dispersión en comparación con el estilo Inca, lo que sugiere que sus pigmentos son más homogéneos en términos de composición química. Por su parte, para la elaboración del pigmento negro del estilo Killke, se utilizó una mayor diversidad de fuentes y/o “recetas”, reflejado en su dispersión.
- El PCA del pigmento Rojo indica que en las muestras Killke y Lucre se tiene elementos compartidos, lo que sugiere un solapamiento en el uso de estos materiales, sin embargo, existe mucha variación interna en cada estilo. El análisis sugiere que los tres estilos tienen diferencias significativas, es decir, que los componentes químicos identificados y sus agrupaciones se distinguen entre los tres grupos.
- El análisis del pigmento marrón, muestra una proximidad entre las muestras del estilo Inca y Lucre, a diferencia del estilo Killke que se encuentra significativamente distante, aunque se debe tomar en cuenta que en esta evaluación únicamente se analizaron 06 muestras en total (02 muestras por cada estilo).

El análisis de LIBS, realizado a 02 muestras Inca determino que, en la muestra I9:

- El análisis por FRX identificó Titanio (Ti) en el pigmento blanco, ello debido a la proximidad de la intensidad de este elemento con la del Bario (Ba). Sin embargo, el análisis por LIBS reveló que, en realidad, se trataba de Bario (Ba).
- No se utilizó el Carbón para la elaboración del pigmento negro en la muestra.
- El Rubidio (Rb) es propio de la composición del pigmento negro y no de la pasta matriz.

El equipo LIBS en la muestra I2, resulto óptimo para el acceso de información estratigráfica, donde se confirmaron elementos químicos propios del pigmento, y de la pasta.

En definitiva, lo anterior nos estaría indicando que no hay una tendencia significativa que refleje una manera “uniforme” en la elaboración de los pigmentos de forma compartida, sino más bien se evidencian distintas elecciones tecnológicas y diferentes fuentes de materia prima que denotarían parte de la libertad de los alfareros al momento de su elaboración.

Aunque el pigmento negro de las muestras Lucre e Inca, pese a que difieren químicamente, reflejan en el PCA una pauta de configuración básica que busca un aspecto de consistencia por el uso de un mismo recurso dentro de cada estilo.

Se ha pretendido intencionalmente presentar al final las conclusiones de la pasta matriz:

Respecto al análisis de PCA, cada estilo cerámico se agrupa en la parte central del gráfico compartiendo elementos químicos en la Pasta matriz, aunque también se observa un sentido de asociación, Lucre hacia la parte superior derecha, Killke hacia el lado izquierdo

del gráfico, e Inca en una parte central de ambos grupos. Se debe señalar también que las muestras Killke tienen una mayor dispersión en el gráfico, lo que indica que la pasta matriz proviene de diferentes canteras.

Se realiza el análisis microscópico de la pasta matriz de los 30 fragmentos y muestras recogidas de andesita (npQ.ru/Jipa) de afloramientos circundantes al S.A. Choquepukio con el software DinoCapture 2.0. Este análisis encuentra su fundamento precisamente en el aborde de la andesita, por las publicaciones de Ixer & Lunt (1991), Chatfield (1998) & Ixer, Lunt, Sillar & Thompson (2014) donde infieren en una genealogía Inca por el uso compartido de andesita con la cerámica Lucre. En el estudio no se pretende generalizar una genealogía en torno al universo de la cerámica Inca del Cusco, más sin embargo, únicamente nos referiremos a los resultados obtenidos en un periodo sincrónico seleccionado² del S.A de Choquepukio.

El registro de andesita en 03 muestras Killke, nos guía en el rastreo de su procedencia. Se realizó un mapeo en la base de datos de INGEMMET de los afloramientos de dicha roca volcánica y mostro una concentración al Sur del Cusco (Fig. 06), precisamente en la cuenca de Lucre. Entonces se podría inferir en una producción de cerámica Killke local.

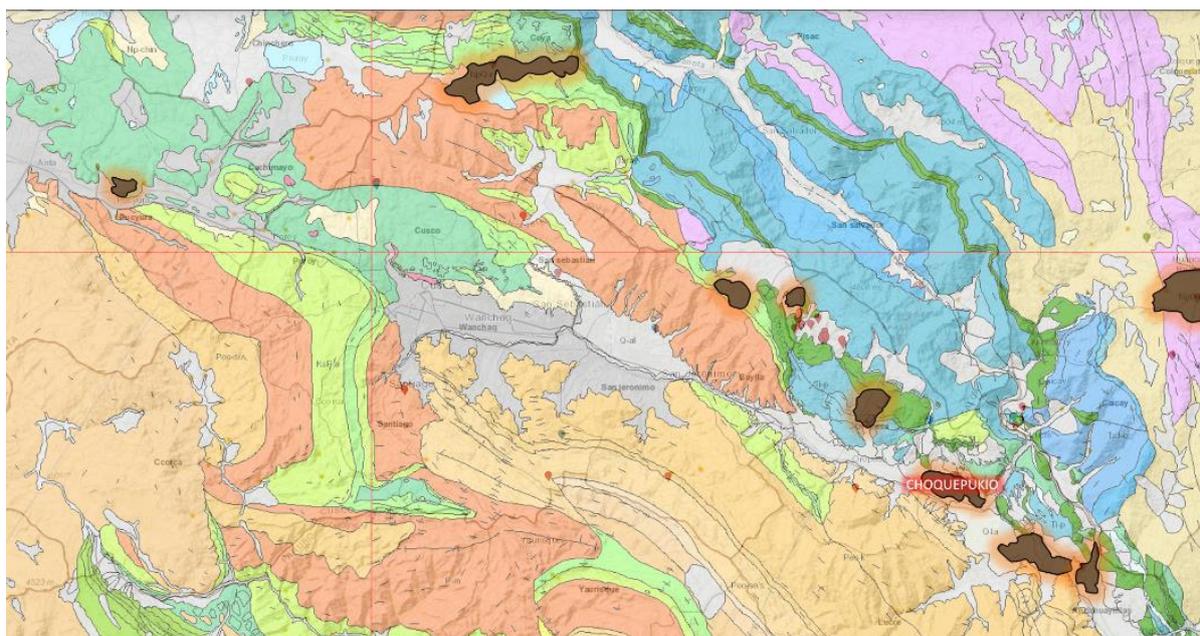


Figura 6. Resultado en color negro se mapean los afloramientos de Andesita (npQ-ru y Jipa) al Norte del Distrito de Cusco y la cuenca de Lucre. Fuente: Base de datos INGEMMET

² Todas las muestras seleccionadas del presente estudio corresponden a la Capa 2 de las unidades de excavación: Unidad 7 (En medio de los sectores A y B), Unidad 32 y 36 (Sector A).

En este sentido, no se encuentra un antagonismo entre la cerámica Lucre y Killke o más bien una oposición de sociedad y territorio, respaldado, por ejemplo, en el registro de una huaca asociada a vasijas de ambos estilos (Fig. 1), o cerámica votiva/rota de estilo Killke y Lucre que rellenaba un pozo central en el patio de la estructura B1 y B2 en Choquepukio (McEwan et al., 2005). Sobre ello, T. Hardy (2019) escribe eventualidades similares en Minaspata, con el hallazgo de un pozo revestido de piedra (Feature R-101) relleno con cerámica Lucre, Killke e Inca, quemado y cubierto como parte de un único evento



Figura 7. Feature R-101, parcialmente excavado.
Fuente: T. Hardy, 2019

intencional (Fig. 07). Y otro evento similar en W'ata, aunque T. Hardy se refiere de manera general al registro de una “...capa de relleno que consistía en fragmentos de cerámica preincaica finamente decorada, en particular vasijas de servicio...”.

En esta línea, confluyen los resultados obtenidos también en los pigmentos, una libertad de elección del alfarero para la producción de cerámica, y quizás no una estricta asociación de los recursos a una sola sociedad.

Recomendaciones

- Es fundamental el uso de técnicas combinadas, el tipo de muestreo y el trabajo interdisciplinario. Estos primeros resultados aportaron información sobre la composición de algunos de los pigmentos y las posibilidades del manejo de la tecnología cerámica que estaría desarrollándose en la región.
- Para trabajos posteriores, sería interesante la aplicación de análisis Clúster o Análisis Discriminante con variables “elegidas”.
- Los resultados del PCA pueden ser mejorados respecto a su varianza con la exclusión de algunas variables e identificación de datos anómalos (outsiders).
- Se podría ampliar el estudio de LIBS en el pigmento blanco para el contraste de la presencia de elementos orgánicos como los huesos calcinados o valvas pulverizadas.

- Para complementar el trabajo de gabinete, se podría realizar un trabajo de campo para mapear las canteras de extracción de los recursos para la elaboración de los pigmentos.
- En este último sentido de complementación, un trabajo etnográfico aportaría al manejo y modo de producción de los pigmentos, lo cual generaría mayores luces.

Finalmente se destacan, algunas variables a considerar en el estudio posterior de pasta matriz y pigmentos:

- Para diferentes muestras, ocurre una variabilidad interna de una composición de fuente dada. La variabilidad interna dentro de una sola fuente también es importante. Esto, por ejemplo, se aplica especialmente en el caso del análisis de la cerámica. Aquí, la falta de homogeneidad de la arcilla, causada por la presencia de inclusiones que no se distribuyen normalmente (Buxeda i Garrigós et al, 2003) aunque las diferencias dentro de una misma fuente son menores a las diferencias entre distintas fuentes. (Gajardo, 2019).
- En los estudios de cerámica, también es la cocción alta o excesiva que puede ocurrir en un subconjunto de artefactos producidos en el mismo horno que es responsable de los efectos de alteración en las concentraciones de elementos de tierras raras (Schwedt et al, 2004) y por lo tanto afecta los grupos composicionales resultantes del análisis químico (Tite, 2008).
- Sería preciso eliminar elementos químicos que pueden variar debido a procesos tafonómicos postdeposicionales o elementos químicos que se alteran por el tipo de cocción y, consecuentemente, no reflejar fielmente la variación asociada a la elaboración de pigmentos o pasta matriz. Ello se podría examinar bajo un trabajo experimental.

7. Equipo de investigadores y responsabilidades

EQUIPO	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD
Celina Luizar Obregón	Dra. en Química	DIRECTORA DEL PROYECTO Líder del laboratorio de espectroscopia óptica no destructiva (LEOnoD)
Marco Antonio Zamalloa Jara	Dr. en Física	FÍSICO INSTRUCTOR DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA Responsable del laboratorio de espectroscopia óptica no destructiva (LEOnoD)
José Luis Tovar Cayo	Lic. en Arqueología	ARQUEÓLOGO INSTRUCTOR DEL PROYECTO
Sandra Pierina Villena Sulli	Bach. En arqueología	TESISTA

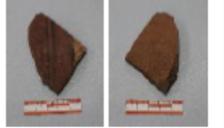
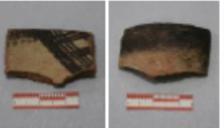
8. Inventario de bienes culturales muebles investigados



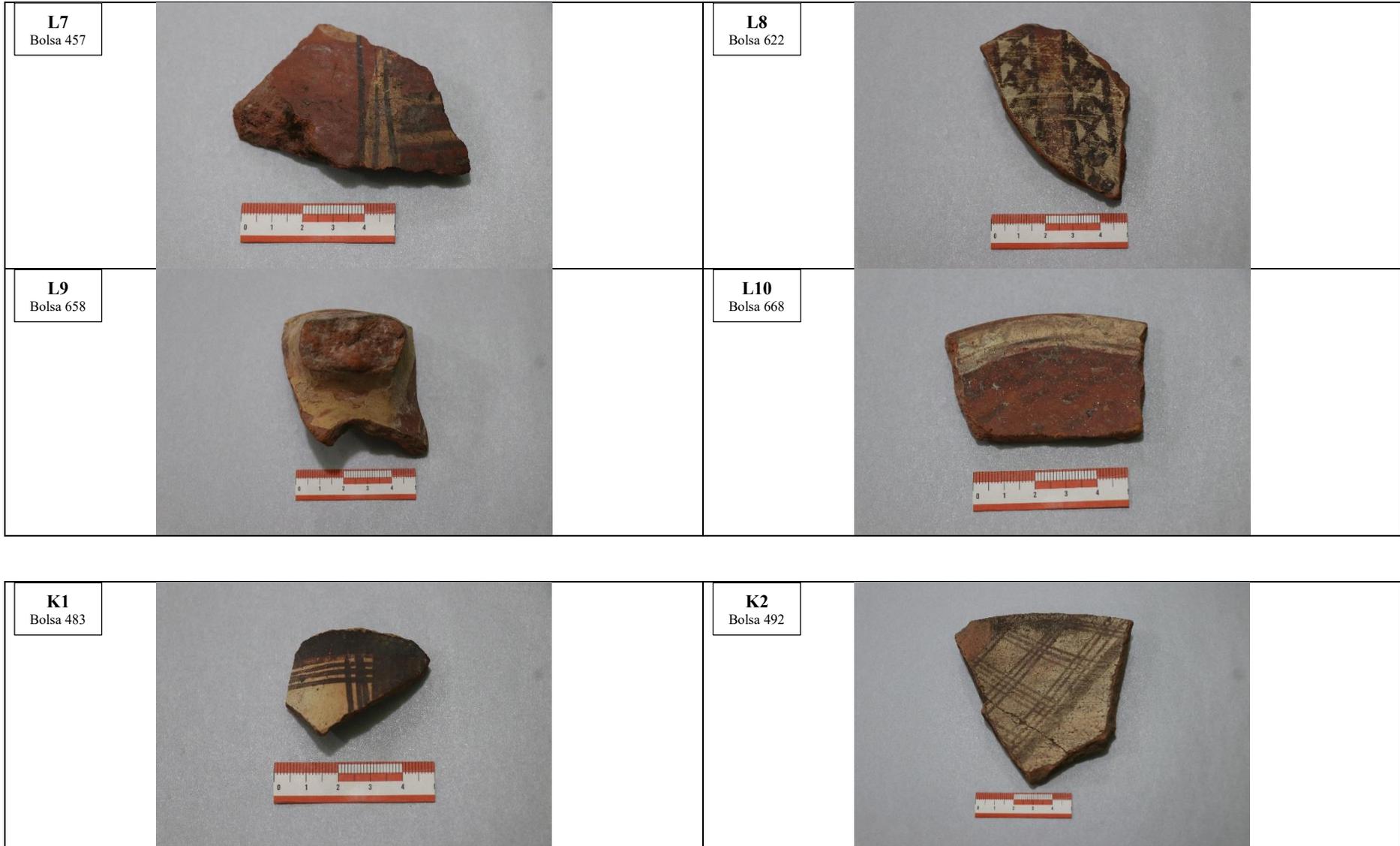
INVENTARIO GENERAL DE BIENES CULTURALES MUEBLES

Ubicación			Datos de identificación			Datos físicos			Datos de origen							Fotografía			
Nº	Nº Caja	Nº bolsa	Código	Denominación	Material	Cantidad	Descripción	Dimensiones (mm)	Peso (g)	Sitio	Sector	Area/Unidad/Pozo	Cuadrícula	Capa/Nivel	Contexto	Rasgo/Elemento	Fecha	Fotografía	
1	7	404		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Lucre, presenta una aplicación plástica lateral con incisiones, la decoración corresponde a bandas horizontales de colores rojo y blanco, con rombos secuenciales.	73 mm de largo horizontal	44.564	Choquepujio		Unidad 7	S30W50	2	6382			Temporada 2002	
2	7	421		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica de estilo Inca con decoración de bandas horizontales y rombos secuenciales de pigmento rojo y fondo blanco, en la parte inferior del fragmento posee decoración de rombos concéntricos	62 mm de largo horizontal	26.216	Choquepujio		Unidad 7	S30W60	2	6387			Temporada 2002	
3	8	457		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Lucre correspondiente al cuerpo de una jarra, con decoración asimétrica, con pigmentos negro, rojo y blanco.	74 mm de largo horizontal	41.400	Choquepujio		Unidad 7	S30W48	2	6343			Temporada 2002	
4	8	462		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica de estilo Inca con decoración de una línea de pigmento negro que divide iconografía de bandas horizontales y triángulos secuenciales con una cadena de rombos dispuestas de manera vertical.	71 mm de largo horizontal	69.015	Choquepujio		Unidad 32	S82-84W100	2	6626			Temporada 2002	
5	8	467		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Lucre con decoración de una banda de rectángulos con "guiones" concéntricos, en la parte lateral presenta pigment rojo	49 mm de largo horizontal	29.414	Choquepujio		Unidad 32	S80W96-98	2	6260			Temporada 2002	
6	8	476		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica de estilo Inca con decoración lineal con pigmento rojos negro y blanco	60 mm de largo horizontal	9.564	Choquepujio		Unidad 7	S82W64	2	6173			Temporada 2002	
7	8	483		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Killke con decoración lineal de color negro sobre engobe blanco.	49 mm de largo horizontal	11.000	Choquepujio		Unidad 7	S32W60	2	6520			Temporada 2002	
8	8	491		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Lucre, presenta decoración ajedrezada en a parte superior, seguido de una banda de rombos secuenciales, y en la parte central del fragmento inician bandas zigzagenates.	56 mm de largo horizontal	54.759	Choquepujio		Unidad 32	S60W80	2	6207			Temporada 2002	

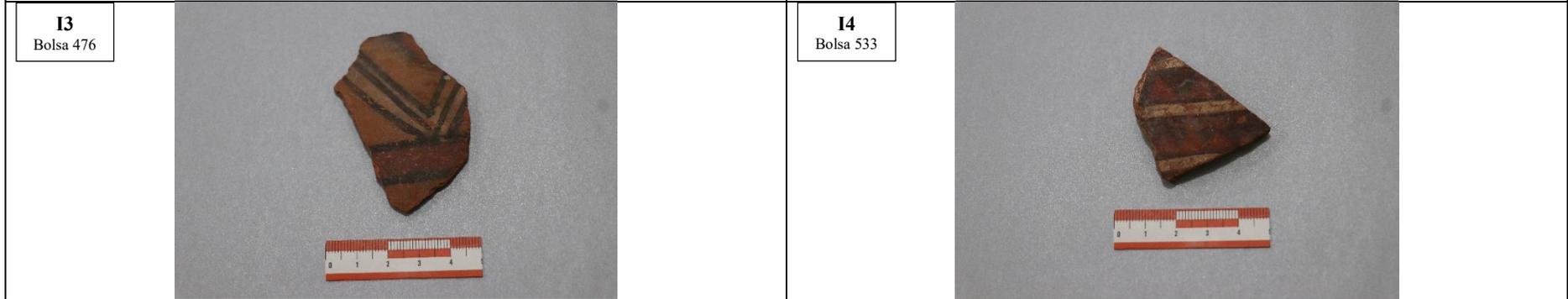
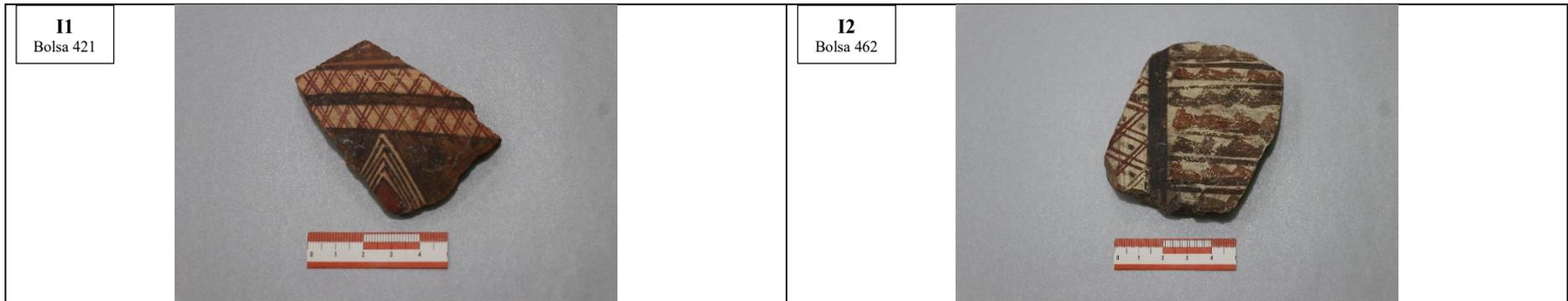
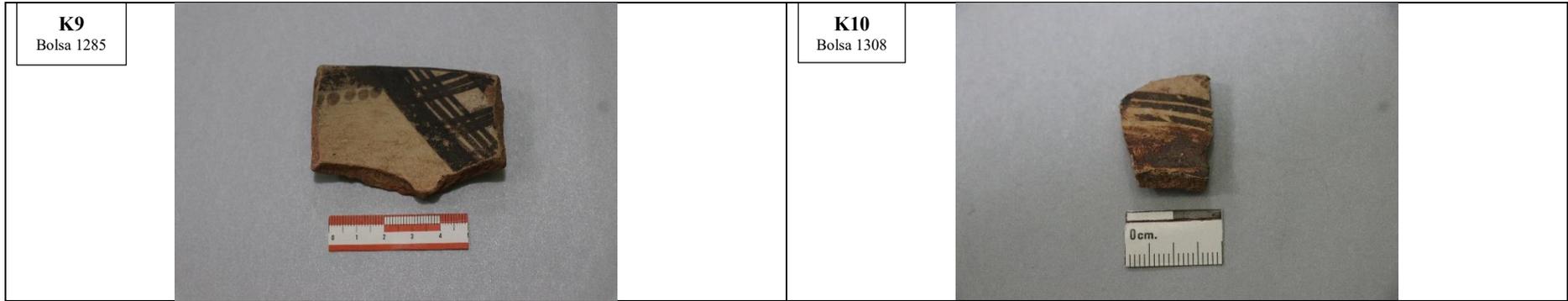
16	9	585		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica de estilo Inca, presenta una decoración aparente de rombos concéntricos que alternan el color entre blanco y negro, asimismo tiene una banda de color blanco en la parte inferior	48 mm de largo horizontal	43.311	Choquepujio		Unidad 7	S32W52	2	6485			Temporada 2002		
17	10	622		Fragmentos	Cerámica	02	Fragmento de cerámica de estilo Inca con decoración de fondo de color rojo y blanco, sobre ello se realizó iconografía de líneas paralelas formando triángulos invertidos concéntricos.	57 mm de largo horizontal	46.291	Choquepujio		Unidad 7	S28W50	2	6466			Temporada 2002		
							Fragmento de cerámica Lucre correspondiente a un plato, tiene un engobe blanco y motivos decorativos de una banda de color rojo y triángulos encadenados de color negro.	60 mm de largo horizontal	31.183	Choquepujio		Unidad 7	S28W50	2	6466			Temporada 2002		
18	10	652		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Killke con decoración de una banda de color rojo y una banda de rombos encadenados de color negro	38 mm de largo horizontal	21.195	Choquepujio		Unidad 7	S32W58	2	6163			Temporada 2002		
19	10	658		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Lucre correspondiente a una asa, tiene engobe blanco y decoración lineal de pigmento rojo	58 mm de largo horizontal	92.154	Choquepujio		Unidad 7	S34W60	2	6144			Temporada 2002		
20	11	668		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Lucre correspondiente a un plato en el borde del labio se realizó una decoración con pigmento blanco, y el cuerpo se rellena con motivos decorativos de "guiones" de color negro	74 mm de largo horizontal	25.242	Choquepujio		Unidad 7	S34W44	2	6157			Temporada 2002		
21	11	674		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Lucre con motivo decorativo de rectángulos adosados, con un "guión" al centro de cada uno, presenta pigmentos negro y rojo.	53 mm de largo horizontal	19.808	Choquepujio		Unidad 32	S80W90-98	2	6502			Temporada 2002		
22	11	693		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica de estilo Inca con motivos decorativos de una banda roja y rectángulos concéntricos alternando de color negro y blanco.	61 mm de largo horizontal	27.288	Choquepujio		Unidad 7	S34W56	2	6323			Temporada 2002		
23	11	695		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica de estilo Inca presenta decoración geométrica, entre ello, triángulos invertidos encadenados al borde, y una franja de motivos a la altura del asa del plato.	44 mm de largo horizontal	14.274	Choquepujio		Unidad 7	S34W56	2	6199			Temporada 2002		

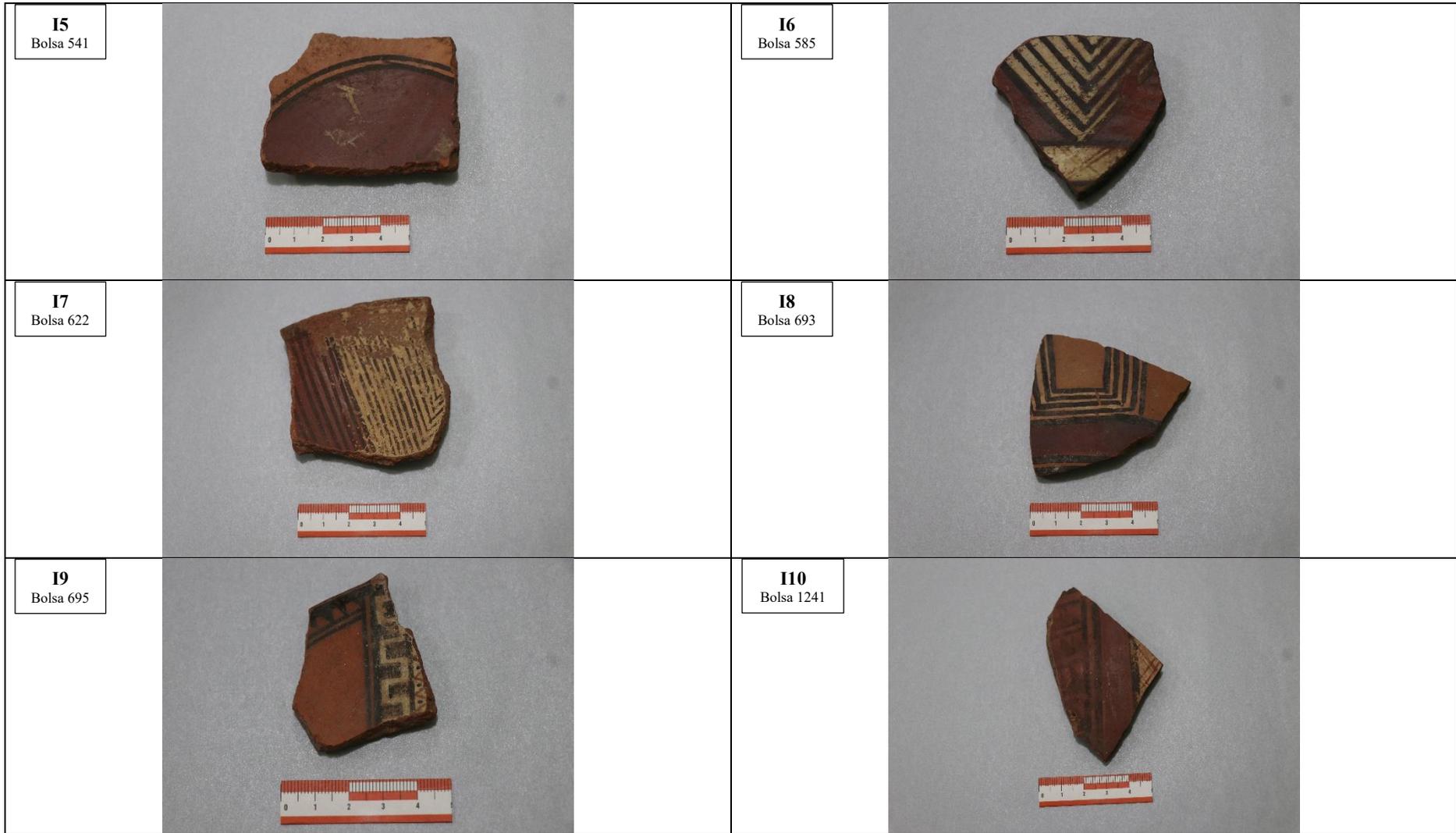
24	11	698		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Killke con engobe de arcilla, presenta como decoración triángulos invertidos en todo el borde del plato. Asimismo un punto de pigmento negro al medio del plato.	160 mm de largo horizontal	68.290	Choquepujo		Unidad 7	S26W46	2	6316		Temporada 2002	
25	20	1241		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica de estilo Inca con engobe rojo, presenta motivos decorativos de bandas de triángulos encadenados horizontalmente, una banda de pigmento rojo y rombos encadenados verticalmente sobre pigmento blanco.	52 mm de largo horizontal	36.116	Choquepujo		Unidad 7	S24W72	2	6670		Temporada 2003	
26	21	1285		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Killke con engobe blanco correspondiente a el borde de un plato, pose motivos decorativos punteados y un triángulo invertido con líneas diagonales dentro formando una "malla".	82 mm de largo horizontal	34.971	Choquepujo		Unidad 7	S26W68	2	6709		Temporada 2003	
27	21	1308		Fragmento	Cerámica	01	Fragmento de cerámica Killke con engobe blanco, presenta una decoración de una banda roja con 3 líneas paralelas adyacentes.	26 mm de largo horizontal	2.847	Choquepujo		Unidad 36	S48W68	2	6706		Temporada 2003	





<p>K3 Bolsa 493</p>		<p>K4 Bolsa 511</p>	
<p>K5 Bolsa 511</p>		<p>K6 Bolsa 511</p>	
<p>K7 Bolsa 652</p>		<p>K8 Bolsa 698</p>	





9. Medios de difusión de la investigación

Se ha planificado que la difusión del proyecto se realice como parte integral de la presentación de la tesis. Debido a esto, los resultados obtenidos durante la investigación no han sido presentados públicamente hasta la fecha, ya que están destinados a formar parte del cuerpo principal de la tesis. La exposición de los resultados se llevará a cabo durante la defensa de tesis, en la cual se presentará un análisis exhaustivo de los datos obtenidos, la metodología utilizada, y las conclusiones derivadas del estudio.

Este enfoque busca asegurar que los hallazgos se presenten de manera adecuada en el contexto académico, permitiendo una discusión rigurosa y fundamentada sobre el trabajo realizado. Además, al reservar la exposición de los resultados para la defensa de la tesis, se garantiza que el trabajo mantenga su originalidad y que los datos presentados no sean difundidos prematuramente. De este modo, la investigación podrá ser evaluada de manera completa y objetiva por el comité de tesis, asegurando así un proceso transparente y alineado con los estándares de la universidad.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Erick Yabar Landa y a la Bióloga María Aparicio por su invaluable apoyo en el laboratorio de la UNSAAC, así como por la gentil facilitación del Estereoscopio, contribuyendo significativamente al desarrollo de este estudio.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a los arqueólogos y especialistas de la Dirección General de Museos y del Gabinete de Elementos Muestrales y Colecciones de la Dirección Desconcentrada de Cultura del Cusco por las coordinaciones y gestiones realizadas, que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

10. Bibliografía

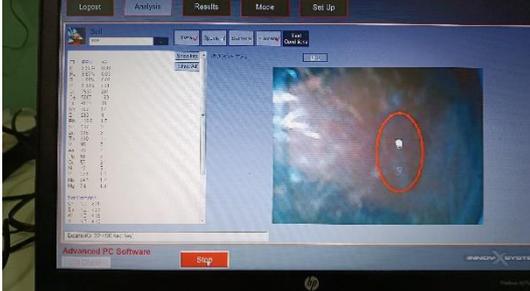
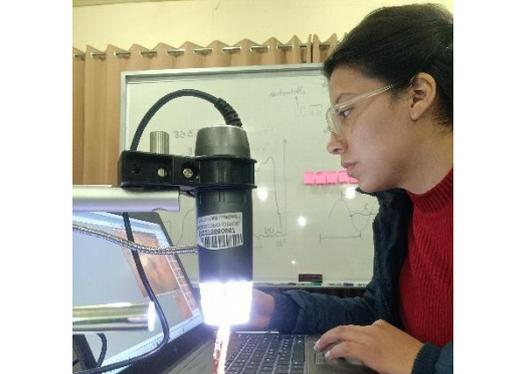
- Acevedo, V., López, M., Freire, E., Halac, E., Polla, G., & Reinoso, M. (2012). ESTUDIO DE PIGMENTOS EN ALFARERÍA ESTILO NEGRO SOBRE ROJO DE QUEBRADA DE HUMAHUACA, JUJUY, ARGENTINA. *BOLETÍN DEL MUSEO CHILENO DE ARTE PRECOLOMBINO*, Vol. 17, N° 2, pp. 39-51.
- Ali, S., Pérez, M., & Bozzano, P. &. (2020). Pigmentos en la cerámica del humedal del Paraná inferior: Análisis Físico-Químico MEB-EDX. *BOLETÍN DEL MUSEO CHILENO DE ARTE PRECOLOMBINO*, Vol. 25, N° 1, 2020, pp. 171-182.
- Boulangger, E., & Chong, L. &. (2019). *Estudio de recursos de rocas y minerales industriales para la inclusión económica social y desarrollo en la región Cusco: sector meridional*. Lima, Perú: INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica, N°62.
- Brady, N. &. (2008). *The Nature and Properties of Soils (14th ed.)*. Pearson Prentice Hall.

- Buxeda i Garrigós, J. J. (2003). Technology transfer at the periphery of the Mycenaean world: the cases of Mycenaean pottery found in central Macedonia (Greece) and the Plain of Sybaris (Italy). *Archaeometry*, 45(2), 263-284.
- Cerrón, J. (2019). New Data and Interpretation of Volcanic Rocks "Basalto Montero", South of Yauli Dome, Junin Department, Peru. *Instituto Geofísico: 8th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG)*.
- Cruz, J. &. (2023). *Caracterización de cerámica Lucre del Sitio Arqueológico Choquepujio, Temporadas 2002-2003: forma, decoración y tecnología*. Cusco, Perú: Tesis para optar el grado de Licenciatura.
- Gajardo, J. (2017). *Variabilidad de la cerámica pintada/engobada El Vergel en el sector septentrional de la Araucanía*. Santiago, Chile: Memoria para optar al título de Arqueóloga.
- Gajardo, J. (2019). Pinturas y engobes en la Araucanía: análisis composicional de vasijas decoradas El Vergel (sur de Chile, 1000-1550 d.C.). *BOLETÍN DE ARQUEOLOGÍA PUCP / N.º 27*, 87-102.
- Gibaja, A. (1995). *Informe de las excavaciones Arqueológicas realizadas en el sitio de Choquepujio*. Cusco: Temporada 1995.
- Gibaja, A. (1996). *Informe de las excavaciones Arqueológicas realizadas en el sitio de Choquepujio*. Cusco: Temporada 1996.
- Gibaja, A. (1998). *Excavaciones arqueológicas en Choquepujio*. Cusco: Informe de la temporada 1997.
- Gibaja, A. (1999). *Proyecto Choquepujio*. Cusco: Informe de la temporada 1998.
- Hardy, T. (2019). *Assembling states: Community formation and the emergence of the Inca Empire*. University of Pennsylvania: Dissertation in Anthropology.
- Klein, C. &. (2007). *Manual of Mineral Science (23rd ed.)*. . Wiley.
- Liritzis, I. &. (2011). Portable XRF of archaeological artifacts: current research, potentials and limitations. X-ray fluorescence spectrometry (XRF) . *Geoarchaeology*, 109-142.
- McEwan, G., Chatfield, M., & Gibaja, A. (2002). The Archaeology of Inca Origins Excavation at Chokepujio, Cuzco, Peru. En *In Andean archaeology I: Variations in sociopolitical organization* (págs. 287-301). Boston, MA: Springer US.
- Neff, H. (2017). *LA-ICP-MS Analysis of Pigments and Slips from Southern Chile*. California State University, Long Beach.: Institute for Integrated Research in Materials, Environments, and Society. (Manuscrito).
- Rice, P. M. (1987). *Pottery analysis: a sourcebook*. University of Chicago press.
- Saball, A. (2019). *ESTUDIO DE LAS PRÁCTICAS ASOCIADAS A LA PRODUCCIÓN DEL PIGMENTO NEGRO DE LA CERÁMICA ACONCAGUA SALMÓN*.

UNIVERSIDAD DE CHILE: Tesis para optar al grado de Magíster en Arqueología.

- Schwedt, A. M. (2004). Postdepositional elemental alterations in pottery: neutron activation analyses of surface and core samples. . *Archaeometry* 46, 85–101.
- Schwertmann, U. &. (1989). Iron oxides. En J. B. (Eds.), *Minerals in Soil Environments*. *Soil Science Society of America*. (págs. 379-438).
- Shepard, A. (1985). *Ceramics for the Archaeologist*. Washington D. C.: Carnegie Institution of Washington.
- Sparks, D. (2003). *Environmental Soil Chemistry (2nd ed.)*. Academic Press.
- Tite, M. (2008). Ceramic production, provenance and use: a review. *Archaeometry* 50, 216–231.
- Yamamoto, Y. S. (2013). Biografía cultural de la cerámica arqueológica desde la perspectiva de la materialidad: el caso del Valle de Toluca. *In Anales de Antropología (Vol. 47, No. 2, pp. 63-90)*.

11. Archivo fotográfico del proceso de trabajo y de los bienes culturales muebles investigados.

	
<p>Vista de trabajo en el Software InnovX</p>	<p>Trabajo paralelo para la selección de elementos químicos</p>
	
<p>Inspección por el Arqueólogo José Cruz</p>	<p>Vista del trabajo con la toma de fotografías con el microscopio DinoCapture 2.0.</p>
	
<p>Vista de la toma de fotografías con el Estereoscopio Novel modelo NSZ 608T</p>	<p>Utilización del FRXp desmontado</p>
	
<p>Inspección por el Arqueólogo José Cruz</p>	<p>Visita por el especialista del equipo LIBS</p>