



**INFORME TECNICO DE LOS ESTUDIOS, ANALISIS Y
RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS MATERIALES
ARQUEOLOGICOS del PIA ARCAICO-FORMATIVO EN LA
CUENCA DEL TITICACA, 2021-2022, QUE FUERON
EXPORTADOS SEGUN LA RV N° 00270-2022-VMPCIC/MC**

Mg. LUIS ANGEL FLORES BLANCO

RNA: BF-0712

Diciembre 2023

I. INTRODUCCION

I.1. ANTECEDENTES

El 19 de diciembre de 2022 me autorizó mediante Resolución Viceministerial No. 0270-2022-VMPCIC-MC a exportar doce (12) muestras arqueológicas del PIA Arcaico-Formativo en la cuenca del Titicaca, Puno para análisis destructivos de fines científicos del tipo datación radiocarbónica, análisis de isótopos estables y análisis elementales físicos. Dentro del tiempo establecido por el ministerio, entregamos aquí el Informe técnico completo con los Resultados del material arqueológico exportado, analizado en el extranjero. Con este informe cumplimos con lo requerido en nuestro permiso de nuestra investigación en el sitio Kaillachuro, materiales provenientes tanto de la primera (2021) como de la segunda temporada (2022).

I. 2. Sitio arqueológico KAILLACHURO

Kaillachuro es un sitio en la cuenca de llave, región del Titicaca (Figura 1), descubierto en 1995 por Mark Aldenderfer. El sitio cuenta con nueve pequeños túmulos, cada uno de menos de dos metros de altura, en el sitio (Aldenderfer 2005; Craig 2005). Cindy Klink analizó el material lítico de esta prospección e informó que el 31% de las puntas de proyectil eran diagnósticos desde el Arcaico Temprano hasta el Período Formativo. Sin embargo, el 69% de estos fueron diagnósticos de los períodos Arcaico Terminal y Formativo, lo que indica la mayor ocupación del sitio durante este tiempo (Craig 2005). Las excavaciones de prueba preliminares se llevaron a cabo en los túmulos funerarios 4 y 6 durante el trabajo de campo en 1997 y 2002. Los excavadores descubrieron una secuencia de entierro humano con lascas de obsidiana y pigmentos ocre rojos. El montículo 4 produjo una fecha de radiocarbono de 3960 BP + 50 (Beta-112315) (Craig 2005). Estos esfuerzos demostraron que los montículos eran elementos funerarios de sorprendente antigüedad.

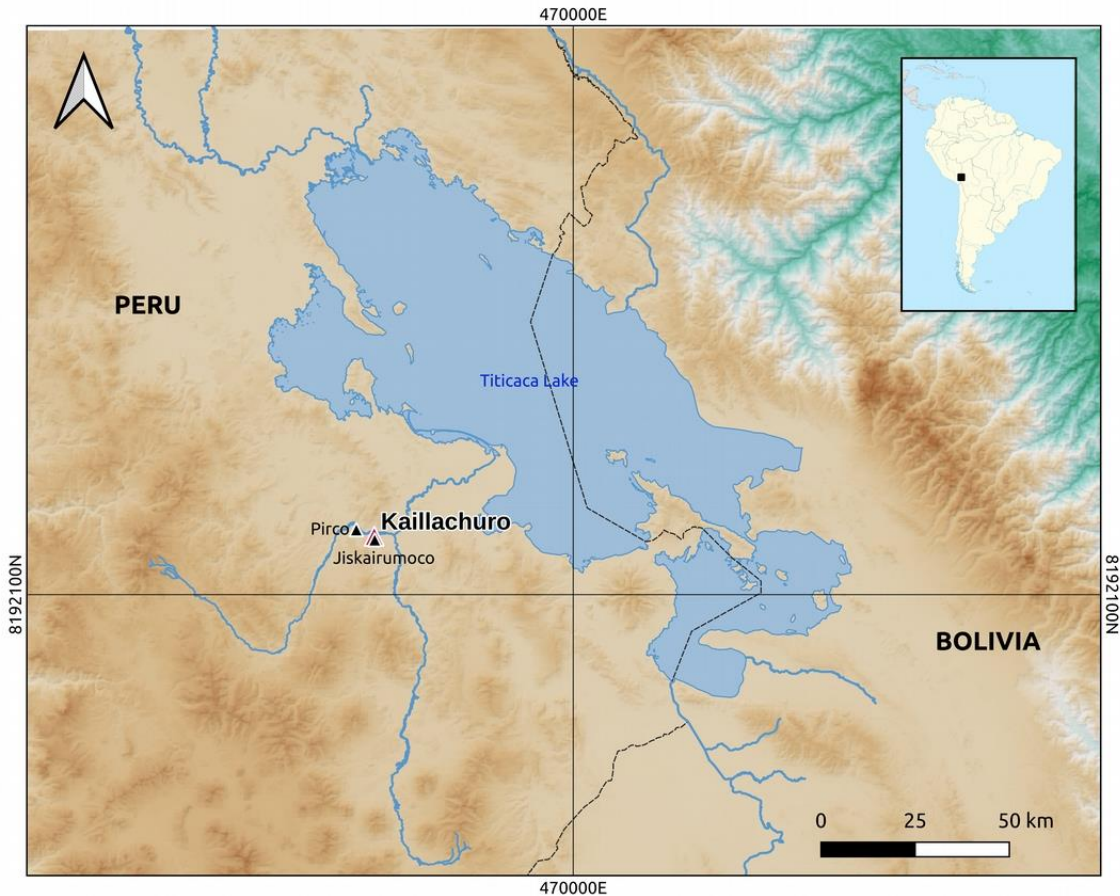


Figura 1. Mapa de ubicación del sitio Kaillachuro en la cuenca del lago Titicaca. Además, en el mapa se muestran otros sitios contemporáneos como Pirco y Jiskairumoko.

I.3. MUESTRAS

En total se exportaron 12 muestras desde los materiales de Kaillachuro (véase Tabla 1). En esta investigación se planteó tres objetivos: la determinación cronológica del sitio (fechados radiocarbónicos), la determinación de la dieta antigua (análisis de isótopos estables) y la caracterización de los componentes elementales de fragmentos de minerales mediante múltiples análisis XRF, XRD, y SEM. Las tres finalidades han sido cumplidas, aunque ciertos análisis han sufrido algunos inconvenientes, y decidimos modificarlo en la marcha del proceso investigativo, que será explicado luego.

Tabla 1. Datos de las 12 muestras exportadas. Cuadros copiados desde la RV en referencia.

Anexo. Relación de muestras a exportar

"Proyecto Arcaico Formativo en la Cuenca del Titicaca, Puno"

	Ubicación		Datos técnicos			Cantidad	Datos de origen				
	N° BOLSA	N° caja	Material	Descripción	Peso (g)		Sitio	Bloque	Cuadrícula	UE	Fecha
1	Extraído de 341	6	Mineral	Mineral desconocido	7	2	Kaillachuro	3	SE-CE	2	8/12/2021
2	Extraído de 342	6	Mineral	Mineral desconocido	1.3	1	Kaillachuro	3	SE-CE	2	8/12/2021
3	Extraído de 104	14	Botánica	Carbón	2.2	2	Kaillachuro	4	sc	6	7/26/2021

"Proyecto Arcaico Formativo en la Cuenca del Titicaca, Puno 2da Temporada".

ID	Ubicación		Datos técnicos			Cantidad	Datos de origen				
	N° BOLSA	N° caja	Material	Descripción	Peso		Sitio	Unidad	Cuadrícula	UE	Fecha
4	Extraído de 65	7	Carbón	Fragmentos de carbón	4.6	7	Kaillachuro	1		3C	19/10/2022
5	Extraído de 67	7	Carbón	Fragmentos de carbón	3.9	10	Kaillachuro	3		6	18/10/2022
6	138	8	Óseo	Diente humano	3.1	1	Kaillachuro	1		4	20/10/2022
7	Extraído de 163	8	Óseo	Fragmento de hueso animal	12.6	1	Kaillachuro	2	E	4	28/10/2022
8	Extraído de 183	10	Óseo	Fragmento de hueso humano y dientes	11.1	4	Kaillachuro	1		48	21/10/2022
9	185	10	Óseo	Diente humano	2.3	1	Kaillachuro	4		10	26/10/2022
10	Extraído de 189	10	Óseo	Fragmento de hueso humano	10	1	Kaillachuro	4		10	26/10/2022
11	Extraído de 190	11	Óseo	Fragmento de hueso humano	16.7	Varios	Kaillachuro	4		14	28/10/2022
12	Extraído de 191	11	Óseo	Fragmentos de dientes	7.5	6	Kaillachuro	4		14	28/10/2022

II. DETERMINACIÓN CRONOLÓGICA DEL SITIO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RADIOCARBONO 14

II.1. Materiales

De las 12 muestras exportadas, 10 muestras se utilizaron para datación por radiocarbono, pero en algunos casos se dejó una parte de la muestra para analizarla luego en búsqueda de isótopos estables.

II.2. Método y Laboratorios

Diez muestras fueron analizadas por espectrometría de masas con acelerador (AMS) (Tabla 2). Las muestras fueron destruidas durante el proceso, convirtiéndose en grafito antes de la datación radiocarbónica por AMS. Para ello se usaron espectrómetros de



Firmado digitalmente por DEL AGUILA CHAVEZ Carlos Roldan FAU 20537630222 soft Motivo: Day V° B° Fecha: 16.12.2022 19:01:55 -05:00



Firmado digitalmente por CASTRO CHIRINOS Yuri Walter FAU 20537630222 soft Motivo: Day V° B° Fecha: 16.12.2022 10:01:39 -05:00

masas con aceleradores que contaron el número de átomos de carbono 14 presentes en cada muestra.

Ocho muestras (ID# 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12) fueron analizadas en el *Laboratorio de Espectrometría de Masas del acelerador de ciclo de carbono W. M. Keck* de la Universidad de California, Irvine, USA. La instalación Keck-CCAMS opera una unidad AMS compacta de 500 kV de National Electrostatics Corporation. Esta unidad es similar a los sistemas de 0.5MV en Zurich, Georgia y Poznan, pero presenta un vacío mejorado (cuatro Cryotorr 8) más diagnósticos de haz adicionales y direccionadores correctivos en comparación con los sistemas anteriores. Para mayor detalle: <http://www.ess.uci.edu/ams/>

Dos muestras (ID# 8 y 11) fueron analizadas en el laboratorio de DirectAMS, USA. Este es un laboratorio privado que procesa las muestras en un equipo dedicado sin trazadores y obtienen las fechas utilizando un espectrómetro de masas con acelerador (AMS) diseñado específicamente para radiocarbono. Para mayor detalle revise su página web: <https://www.directams.com/>

II.3. Resultados

Diez (ID # 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12) de las doce muestras exportadas han sido exitosamente fechadas (ver Tabla 2). Estas son todas las muestras orgánicas que hemos exportado. Todas provienen de contextos arqueológicos precerámicos o de inicios del periodo Formativo, periodos que son objeto de estudio de este proyecto. Estas fechas sin calibrar nos dan un largo periodo de ocupación del sitio, desde 4600 a 3000 cal AP, lo que significa en términos de periodización que abarca el periodo Arcaico Terminal (5000 -3500 BP) y abarcando el Formativo Temprano (3500-3000 BP) (Figura 2). Estos resultados son importantes porque son ampliamente consistentes y respaldan los resultados que informamos en nuestra primera exportación en la que logramos obtener 8 fechados radiocarbónicos.

Tabla 2. Resultados de las 10 muestras de datación por radiocarbono procesadas en dos laboratorios de pruebas de AMS en los Estados Unidos (UCI & D-AMS). En la primera columna se indica el ID tal como se consignó en la RV al Ministerio de Cultura. Los fechados de radiocarbono y los márgenes de error se informan en las últimas dos columnas, estos datos son tal como el laboratorio nos entregó.

ID MC	Lab	ID Lab	$\delta^{13}\text{C}$		fraction		D^{14}C		^{14}C age	
			(‰)	±	Modern	±	(‰)	±	(BP)	±
3	UCI	278139			0.5978	0.0010	-402.2	1.0	4135	15
4	UCI	278140			0.6580	0.0010	-342.0	1.0	3360	15
5	UCI	278141			0.5991	0.0011	-400.9	1.1	4115	15
6	UCI	278130	-18.7	0.1	0.5630	0.0014	-437.0	1.4	4615	25
7	UCI	278131	-18.7	0.1	0.5935	0.0014	-406.5	1.4	4190	20
8	D-AMS	52909			66.360	0.200			3294	24
9	UCI	278132	-20.1	0.1	0.6517	0.0014	-348.3	1.4	3440	20
10	UCI	278133	-18.3	0.1	0.5656	0.0014	-434.4	1.4	4580	25
11	D-AMS	52910			57.000	0.170			4516	24
12	UCI	278134	-19.3	0.1	0.6878	0.0013	-312.2	1.3	3005	20

III. Resultados del análisis de Isótopos de Carbono y Nitrógeno de los restos óseos de Kailachuro

III.1. Introducción

Estos estudios aún son preliminares, pero abren una gran posibilidad para comprender la alimentación humana en la cuenca del Titicaca durante el periodo Arcaico Tardío hasta el Formativo Temprano.

III.2. Métodos

El análisis de isótopos estables ligeros, como el carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y el nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$), son buenos indicadores de la dieta antigua (Bartelink et al. 2014). El principio de este método es que las firmas isotópicas de los alimentos que consumen los animales,

incluidos los humanos, se incrustan en sus tejidos y pueden detectarse en estudios isotópicos. En el caso del isótopo estable de carbono, la fotosíntesis es el principal vehículo que influye en la composición de carbono de las plantas y, por extensión, de los animales que la consumen. Por su composición en carbono, las plantas se dividen en C3, C4 y CAM. Por el contrario, el estudio del isótopo estable de nitrógeno mide el nivel trófico o la posición en la cadena alimentaria. Por lo tanto, se espera que aquellos individuos que consumen preferentemente plantas tengan niveles de nitrógeno más bajos que aquellos que consumen carne (Schoeninger y Moore, 1992).

III.3. Resultados

La mayoría de nuestros análisis se realizaron en huesos humanos, 6 de 7 muestras. Los valores muestran bajos niveles de carbono y de nitrógeno. En promedio, la mayoría de los valores de Carbono están entre -19.3 y -18.2, y con niveles de Nitrógeno debajo de 11.6. Por lo tanto, los resultados muestran valores tomados de muestras humanas son propias de poblaciones con alto consumo de vegetales del tipo C3. Las plantas C3 cubren un amplio espectro, desde tubérculos como papas, frutas, verduras, hasta semillas como la quinua. Es decir, estamos ante un grupo social que es más bien recolector que cazador, pero que además ya se ha iniciado en el cultivo de plantas (papa y quinua).

Solo en un caso hicimos el análisis de una muestra (ID # 7) de un camélido del periodo Arcaico Terminal, que fue encontrado en una capa de desechos entre los montículos M4 y M6. Su resultado isotópico ($\delta^{13}C = -18.68$, $\delta^{15}N = 7.08$) se superpone estrechamente con valores de camélidos criados en pastizales de tierras altas.

Tabla 3. Los 7 resultados de las mediciones de isótopos estables tomadas de materia orgánica humana (colágeno). La primera columna son los códigos con los cuales las muestras fueron exportadas. Las columnas 4 y 6 son los valores isotópicos de C y N.

ID MC	Lab	Lab ID	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ (‰)	Total C (µg)	$\delta^{15}\text{N}_{\text{Air}}$ (‰)	Total N (µg)
6	UCI	278130	-18.68		8.42	
7	SIF	1990790	-18.68	1016.72	7.08	358.40
8	SIF	1990787	-18.90	394.94	9.06	140.76
9	SIF	1990788	-18.76	625.15	9.21	222.28
10	SIF	1990791	-18.57	811.62	10.84	285.85
11	SIF	1990792	-19.15	515.83	11.56	185.63
12	UCI	278134	-19.26		10.37	

IV. Resultados del análisis elemental XRF de las dos muestras metálicas recuperadas del sitio.

IV.1. Introducción

Las dos muestras exportadas incluyeron dos (#1 y #2) que eran del tipo mineral y queríamos saber cuál era su composición elemental.

Nosotros pudimos realizar el análisis XRF que fue llevado a cabo en colaboración con la Dra. Sarah Kelloway (Universidad de Sydney).

IV.2. Métodos

Los siguientes resultados e interpretaciones se basan en datos obtenidos mediante análisis XRF usando un espectrómetro Hitachi X-MET8000. En general, aunque se seleccionaron las áreas más planas para el análisis y en algunos casos se analizaron múltiples áreas por artefacto, la naturaleza heterogénea y contaminada de estos hallazgos, junto con la topografía desigual, significa que los resultados del XRF deben

considerarse, en el mejor de los casos, semicuantitativos. Además, las calibraciones disponibles se crearon únicamente para metales.

IV.3. Resultados

- ID #1 / Muestra #341

Según la alta cantidad de hierro (Fe) (79.02 \pm 0.09) y silicio (Si) (11.37 \pm 0.03) en esta muestra (Tabla 4), junto con su apariencia visual (vesicular), es probable que la muestra 341 sea los restos de escoria, que posiblemente contenga fayalita. En otras palabras, es posible que tengamos acá un subproducto de fundición de cobre.

Element	Concentration	Error (+/-)
Mg (%)	1.00	0.11
Al (%)	7.01	0.05
Si (%)	11.37	0.03
P (%)	0.45	0.01
S	62	9
Mn (%)	0.93	0.01
Fe (%)	79.02	0.09
Co	424	22.5
Zn	1165	41
As	542	19.5

* Analysis conditions: Alloy program, air, 60s.

Tabla 4. Resultados del análisis XRF de la muestra #341 en ppm a menos que se indique lo contrario (elaborado por la Dra. Kelloway).

- ID #2 / Muestra #342

Debido al alto porcentaje de cobre (Cu) superior al 85%, como se muestra en la tabla 2, junto con su apariencia visual, es altamente probable que la muestra 342 sea un artefacto de cobre (Tabla 5).

Element	M1	
	Concentration	Error (+/-)
Al (%)	2.27	0.05
Si (%)	3.20	0.03
P (%)	7.92	0.02
Cr	16	21
Mn	59	16
Fe (%)	0.35	0.00
Ni	41	23
Cu (%)	85.75	0.04
Zn	1046	40
Se	44	8
Sn	1324	78
Pb	320	51
Bi	98	18

Tabla 5. Resultados del análisis XRF de la muestra #342 en ppm a menos que se indique lo contrario (elaborado por la Dra. Kelloway).

NOTA:

El análisis **XRD** previsto y **SEM** no fueron realizados por las razones que explicaremos a continuación. El análisis XRD estaba previsto para la muestra #341, por tal motivo preparamos la muestra, pulverizándolo, sin embargo, no tuvimos el éxito requerido por una mala calibración del equipo usado y/o contaminación de la muestra con otras partes del núcleo de la muestra durante la trituration, lo cual no nos ha dado los resultados elementos químicos requeridos. En otras palabras, los elementos de cobre no son visibles por error del equipo o por contaminación total de la muestra.

Mientras tanto, esperábamos realizar un análisis de la muestra #342 mediante microscopio electrónico (SEM), sin embargo, el instrumento está malogrado y no hemos podido usarlo. En cambio, gestionamos para poder usar en cambio un microscopio geológico polarizador Nikon Eclipse LV100 en el laboratorio de arqueometría de UC Davis. Los resultados han sido muy importantes, porque hemos podido detectar microestructuras representadas como gránulos de recristalización, que son rasgos de recocido característico (Figura 2). En otras palabras, hemos observado el resultado de una manufactura tradicional de martillado y recocido del cobre.

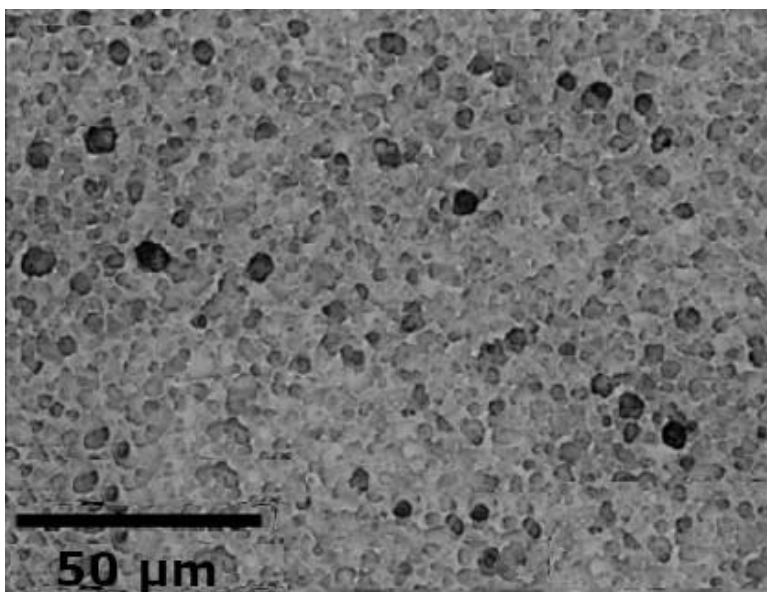


Figura 2. Microfoto de la muestra mineral donde se remarcan puntos negros que son restos de costras de corrosión de cobre.

Mas allá de los inconvenientes, los resultados obtenidos por XRF y microscopio geológico son suficientes para caracterizar cada una de estas muestras. Aunque en el futuro, se podría requerir análisis adicionales para tener resultados múltiples que permitan validar los que hemos alcanzado.

V. LOGROS Y TRABAJOS PENDIENTES

- Se han fechado 10 muestras por AMS en el sitio de Kaillachuro. Estas fechas, junto con las previamente obtenidas en el 2021, han podido determinar que la ocupación completa del sitio oscila entre 5.300 cal AP y 3.000 cal AP. Entonces, tenemos aquí en el sitio una larga ocupación de dos mil años, desde el Arcaico Tardío hasta el Formativo Temporal.

- En cuanto a los 7 análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno, de 6 muestras de huesos humanos y 1 de camélido, los resultados son bastante coincidentes con los previamente obtenidos en el sitio de Kaillachuro, lo cual indica en conjunto que los enterrados en el sitio comieron una gran cantidad de recursos vegetales, preferentemente plantas del tipo C3: papas, quinua, etc. Una sola muestra animal provino de un hueso de camélido del Arcaico Terminal que muestra que el animal tenía poca movilidad y consumía principalmente pastos de las tierras altas durante su vida.

- Las dos muestras de minerales exportados son evidencia de un fragmento diminuto de algún artefacto de cobre realizado por martilleo, y lo que resulta más interesante, un fragmento de escoria, es decir un subproducto de fundición de cobre. Esta información es sumamente importante, porque al menos desde el periodo Formativo Temprano en el Titicaca existen evidencias de producción y fabricación de artefactos de cobre, lo cual es concordante con lo que ya se ha dado a conocer para la región de los Andes Centro-Sur (Cortez & Scattolin, 2017). Aunque el trabajo en metales no es algo que debería sorprendernos, teniendo en cuenta que en el sitio vecino de Jiskairumoko ya se había dado a conocer la existencia de oro desde el periodo Arcaico Terminal (Aldenderfer, et al. 2018).

Referencias

Aldenderfer, M., Craig, N. M., Speakman, R. J., & Popelka-Filcoff, R. (2008). Four-thousand-year-old gold artifacts from the Lake Titicaca basin, southern Peru. *PNAS*, *105*(13), 5002-5005.

Aldenderfer, M. (2005). Preludes to Power in the Highland Late. *Foundations of Power in the Prehispanic Andes*, (14), 13.

Cortés, L. I., & Scattolin, M. C. (2017). Ancient metalworking in South America: a 3000-year-old copper mask from the Argentinian Andes. *Antiquity*, *91*(357), 688-700.

Craig, N. M. (2005). *The formation of early settled villages and the emergence of leadership: A test of three theoretical models in the Rio Ilave, Lake Titicaca basin, southern Peru*. University of California, Santa Barbara.