

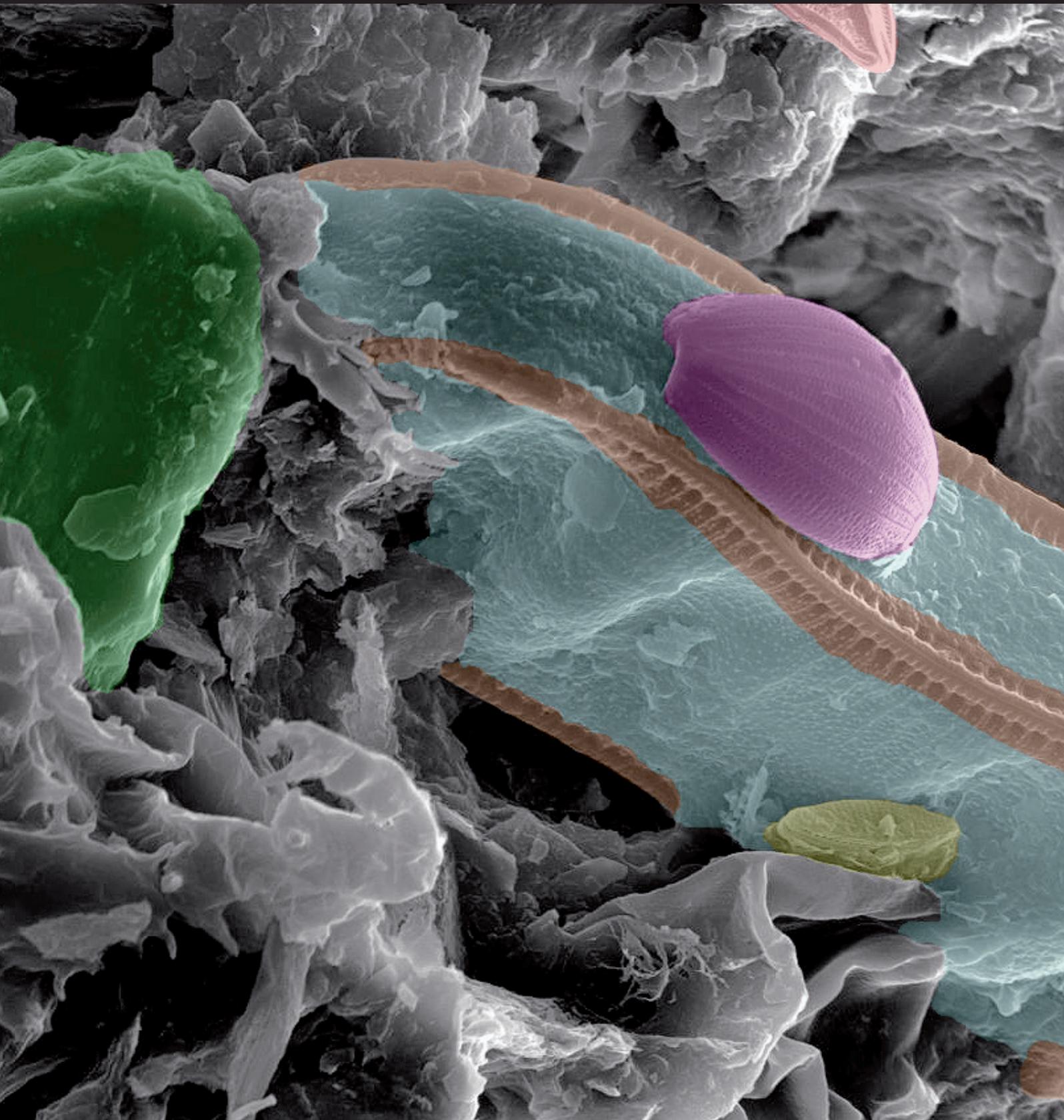
# La Ciencia y el Arte IX

Ciencias y tecnologías aplicadas a la conservación  
del patrimonio

Ministerio  
de Cultura  
y Deporte

# Science and Art IX

Experimental Sciences and Heritage Conservation





# **La Ciencia y el Arte IX**

Ciencias y tecnologías aplicadas  
a la conservación del patrimonio

## **Science and Art IX**

Experimental Sciences and Heritage  
Conservation

Edición 2023



MINISTERIO DE CULTURA  
Y DEPORTE

Edita:

© SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

Subdirección General de Atención al Ciudadano,  
Documentación y Publicaciones.

Fotografía de la portada CIENCIA Y ARTE IX

© Imagen de microscopía electrónica de barrido coloreada correspondiente a una costra biológica, con presencia de diatomeas de los géneros *Cymatopleura* sp. (azul), *Cymbella* sp. (rosa) y *Diatoma* sp. (amarillo), sobre un ortostato granítico. Dolmen de Guadalperal (El Gordo) en el embalse de Valdecañas (Cáceres). Fotografía: Pedro P. Pérez García.

© Del resto de imágenes: sus autores.

© De los textos: sus autores.

NIPO (IBD): 822-23-093-0

NIPO (línea): 822-23-094-6

DL: M-32129-2023

ISBN: 978-84-8181-847-5

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>Prólogo</b> .....	9
Miriam Bueso Manzananas, Sonia Frías Fernández, María Martín Gil y M. <sup>a</sup> José Suárez Martínez	
 <b>BLOQUE 1. PATRIMONIOS INTERCONECTADOS: AMÉRICA Y ESPAÑA</b>	
 <b>Del arte de escribir a las ciencias del lenguaje. Las lenguas en la Primera Vuelta al Mundo y en el Galeón de Manila</b> .....	12
Rafael Rodríguez-Ponga Salamanca	
 <b>«Son dichosos en colores». El comercio de materiales pictóricos con América durante la Edad Moderna</b> .....	20
Rocío Bruquetas Galán	
 <b>Derechos, territorios y transdisciplinariedad en el Centro Nacional de Conservación y Restauración de Chile</b> .....	35
Roxana Seguel Quintana	
 <b>Proyecto AmerMad: análisis de colorantes de especies tintóreas americanas</b> .....	52
Susanna Marras y Antonio Álvarez-Ossorio Alvariño	
 <b>Un recorrido por las prácticas del pasado a través de los análisis de residuos orgánicos en cerámicas arqueológicas de Catamarca, Argentina</b> .....	67
Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier	
 <b>Radiografiar para conocer, conocer para conservar: las colecciones del Museo de América</b> .....	83
Miriam Bueso Manzananas, Ana Rosa García Pérez, Beatriz Mayans Zamora, Inmaculada Donate Carretero, Andrés Gutiérrez Usillos, Beatriz Robledo Sanz y Mar Sanz García	
 <b>Estudio de conjuntos numismáticos mediante espectroscopia de plasma inducido por láser y fluorescencia de rayos X</b> .....	101
Inmaculada Donate Carretero, Mohamed Oujja Ayoubi, Marina Martínez Weinbaum, Soledad Díaz Martínez, Emma García Alonso, Miriam Bueso Manzananas, Marta Castillejo Striano y María Martín Gil	

**Estudio técnico-comparativo de materiales pictóricos empleados en la escuela quiteña y la pintura de corte de los siglos XVII y XVIII** ..... 118  
Fernando Poyatos Jiménez, Lourdes Cevallos Paredes y Julio Romero Noguera

**Una escultura ligera realizada con caña de maíz y la importancia de los estudios científicos** ..... 132  
Rosa María Román Garrido, Viqui Quiroga Alamá y Fanny Sarrió Martín

**Divisas e insignias en el retrato de Luis de Córdova y Córdova: estudio comparativo mediante técnicas de imagen** ..... 142  
Beatriz Mayans Zamora y Ana Rosa García Pérez

## **BLOQUE 2. TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE LOS BIENES CULTURALES. CASOS DE APLICACIÓN**

**Intensive campaign on continuous isotopic sampling for environmental criticality in the Stalactites cave of Altamira karst** ..... 159  
Marianna Nardino, Alfredo Prada Freixedo, Daniela Famulari, Lorenzo Brilli, Alice Cavaliere, Federico Carotenuto, Camilla Chieco, Beniamino Gioli, Tommaso Giordano, Francesca Martelli, Carolina Vagnoli, Giuliano Camilleri, Lucía María Díaz González, Deborah Ordás Pastrana, Andrea Sanmartín Basallo, Pilar Fatás Monforte, Carmen de las Heras Martín y Alessandro Zaldei

**Trazabilidad de colecciones dentro de edificios utilizando software libre (sistemas de información geográfica)** ..... 170  
Daniel Durán Romero

**Vidrios y VOCs: qué esperar y cómo prevenirlo** ..... 182  
Teresa Palomar Sanz, Rodrigo Arévalo Domingo, Raquel Cid Herránz y Elena Laso Gallardo

**Revisión de los tratamientos de anoxia en bienes culturales: metodologías no tóxicas para un patrimonio sostenible** ..... 193  
Héctor Bolívar Sanz y Alexander Gaztañaga Garabieta

**Biodeterioro del patrimonio cultural: causas, amenazas y soluciones basadas en nanopartículas** ..... 209  
Isabel Franco Castillo y Scott G. Mitchell

**Cambiando el paradigma del biodeterioro. Las microalgas de la Alhambra y el Generalife como oportunidad para la creación de nuevas técnicas artísticas** ..... 229  
Isabel Calvo Bayo, Lorena Cuberos Cáceres, Belén Ruiz Ruiz, Ana María Yebra Rodríguez, Fernando Bolívar Galiano y Julio Romero-Noguera

<b>¡No es lo que parece! Una selección de fenómenos de degradación en pintura negra moderna al óleo</b> .....	247
Anna Vila Espuña, Francesca Caterina Izzo, Miquel Angel Herrero Cortell, Marcello Picollo, Elena Davanzo, Ana María García Castillo y Laura Fuster López	
<b>Estudio no invasivo mediante técnicas de imagen multibanda de pigmentos laca y colorantes en veladuras históricas</b> .....	262
Aránzazu Llácer Peiró, Miquel Àngel Herrero Cortell, M. Antonia Zalbidea Muñoz y Laura Fuster López	
<b>Imágenes matriciales de alto rango dinámico para mediciones de reflectancia espectral en obras de arte</b> .....	278
Ángela Gómez Manzanares, Antonio Álvarez Fernández-Balbuena, Daniel Vázquez Moliní, Juan Carlos Martínez Antón, Santiago Mayorga Pinilla, Wendy Davis, Dorukalp Durmus, Laura Micheli, Claudia Mazzuca, Jorge García Gómez Tejedor, Carmen Muro García, Javier Muñoz de Luna y Cristina Cabello Briones	
<b>Estudio de técnicas de policromía empleadas en el conjunto arqueológico de Cerrillo Blanco</b> .....	287
María Belén Ruiz Ruiz, Isabel Calvo Bayo, Fernando Bolívar Galiano, María Teresa Doménech Carbó y Julio Romero Noguera	
<b>Proyecto de conservación y caracterización de los materiales de la colección papirácea Palau Ribes</b> .....	302
M. <sup>a</sup> Cristina Ibáñez Domínguez y M. <sup>a</sup> Dolores Díaz De Miranda Macías	
<b>Identificación de materiales en pintura mural arqueológica romana (s.I-II d.C) por técnicas analíticas no invasivas</b> .....	321
Ana Isabel Calero Castillo y Ana M. <sup>a</sup> López Montes	
<b>El papel japonés, <i>washi</i>, como material de reparación, refuerzo y reconstrucción del patrimonio bibliográfico y documental</b> .....	333
Cecilia Lamolda García, Juan Carlos Villar Gutiérrez, Nuria Gómez Hernández y Auxiliadora Gómez Morón	
<b>Aproximación a la consolidación de tapices con seda deteriorada mediante baños de fibroína y sericina</b> .....	348
M. <sup>a</sup> Teresa Avilés Cambroneró, Verónica García Blanco y Salvador D. Aznar Cervantes	

# Un recorrido por las prácticas del pasado a través de los análisis de residuos orgánicos en cerámicas arqueológicas de Catamarca, Argentina

## *A journey to practices from the past through the analysis of organic residues in archaeological ceramics from Catamarca, Argentina*

### **Irene Lantos**

Universidad de Buenos Aires, Instituto de las Culturas y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires

irelantos@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4686-5689>

### **Valeria P. Careaga**

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires

pcareaga@qo.fcen.uba.ar

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9800-6379>

### **Marta S. Maier**

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires

maier@qo.fcen.uba.ar

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9160-1826>

**Resumen:** El estudio molecular de residuos orgánicos en cerámicas arqueológicas proporciona información relevante sobre los recursos alimentarios, su almacenamiento y procesamiento y las habilidades tecnológicas de las sociedades del pasado. En particular, los residuos más estudiados corresponden a lípidos de origen animal y vegetal contenidos en la matriz inorgánica de las cerámicas arqueológicas durante su uso para cocción, almacenamiento, transporte y servicio. La baja solubilidad en agua de los lípidos y su relativa estabilidad química contribuyen a su conservación en los poros de los artefactos. Una prueba de ello es la identificación de mezclas de triglicéridos y sus derivados (mono y diglicéridos y ácidos grasos libres), ceras y esteroides en residuos de lípidos en cerámicas antiguas. La identificación de biomarcadores relacionados con determinadas fuentes de alimentos y la correlación con información arqueológica, histórica y etnográfica permiten reconstruir las prácticas humanas del pasado. El análisis de residuos orgánicos en matrices arqueológicas

requiere de procesos de extracción, preparación de derivados y su análisis mediante técnicas cromatográficas acopladas a espectrometría de masa, como la cromatografía líquida (HPLC-ESI-MS) y gaseosa (GC-MS). A estos estudios se suman los de isótopos estables de carbono, que complementan los resultados de HPLC-ESI-MS y GC-MS. En este trabajo presentamos los resultados del análisis de lípidos en fragmentos de cerámicas provenientes de sitios arqueológicos de la provincia de Catamarca (noroeste de Argentina) que brindaron información sobre las prácticas alimentarias de la población local desde tiempos prehispánicos.

**Palabras clave:** Cerámicas arqueológicas. Lípidos. Técnicas cromatográficas. Espectrometría de masa. Isótopos estables.

**Abstract:** The molecular study of organic residues in archaeological ceramics provides relevant information on food resources, their storage and processing, and the technological skills of past societies. Typically, residues correspond to lipids of animal and vegetable origin contained in the inorganic matrixes of archaeological ceramics during their use for cooking, storage, transport, and service. The low solubility in water of lipids and their relative chemical stability contribute to their preservation in the pores of artifacts. Proof of this is the identification of mixtures of triglycerides and their derivatives (mono and diglycerides and free fatty acids), waxes, and sterols in lipid residues in ancient ceramics. The identification of biomarkers related to certain food sources and the correlation with archaeological, historical and ethnographic information allow us to reconstruct past human practices. The analysis of organic residues in archaeological matrices requires extraction processes, preparation of derivatives and their analysis using chromatographic techniques coupled with mass spectrometry, such as liquid chromatography (HPLC-ESI-MS) and gas chromatography (GC-MS). Added to these studies are those of stable carbon isotopes, which complement the results of HPLC-ESI-MS and GC-MS. In this paper we present the results of lipid analysis in ceramic fragments from archaeological sites in the province of Catamarca (Northwestern Argentina) that provided information on the eating practices of the local population since pre-Hispanic times.

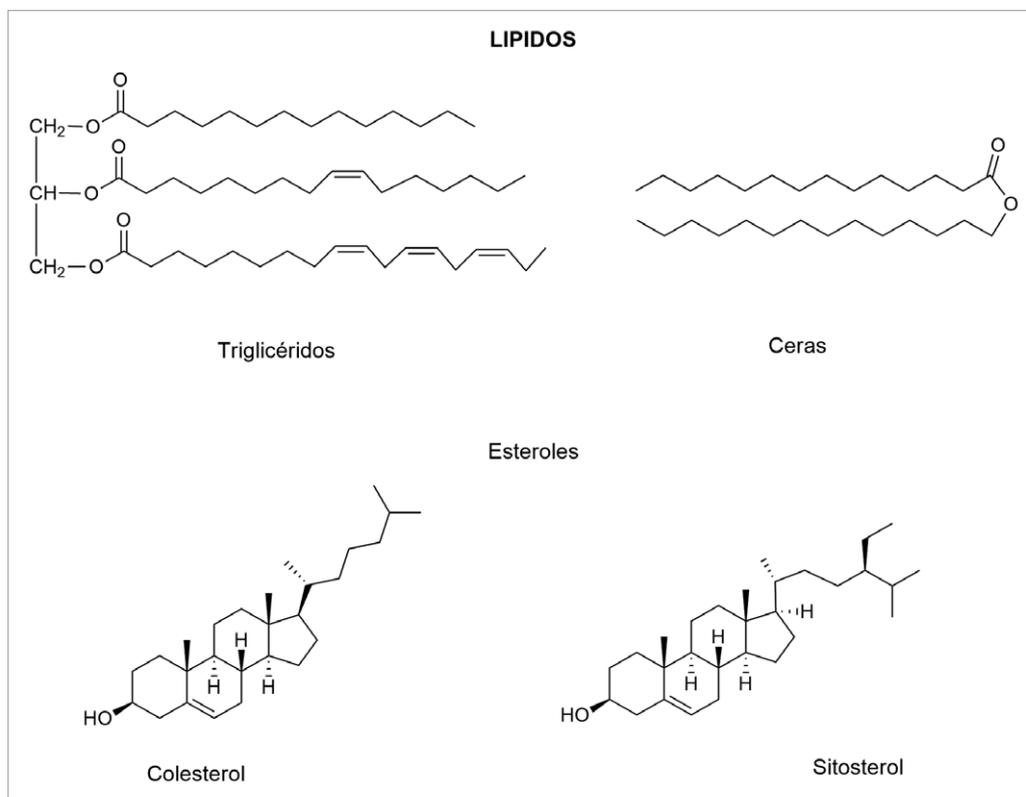
**Keywords:** Archaeological Artifacts. Lipids. Chromatographic Techniques. Mass Spectrometry. Stable Isotopes.

## Introducción

La caracterización química de residuos orgánicos en cerámicas arqueológicas contribuye al conocimiento sobre las prácticas culinarias y las culturas alimentarias de las sociedades del pasado. Cuando los artefactos presentan residuos macroscópicos adheridos a las paredes interiores, estos pueden ser raspados con bisturí para su análisis químico. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los componentes orgánicos no son visibles, ya que se encuentran absorbidos en los poros de las matrices inorgánicas de las cerámicas como producto de la preparación de alimentos, su almacenamiento y transporte y el servicio de comidas y bebidas. Si bien los distintos tipos de alimentos están constituidos por lípidos, proteínas y polisacáridos, los lípidos se preservan de manera excepcional debido a su baja solubilidad en agua (Eerkens, 2005). La microestructura de la cerámica, con poros de tamaño molecular, protege a las sustancias lipídicas de los procesos de degradación oxidativa y de la acción de microorganismos. Los lípidos son biomoléculas con estructuras químicas diferentes que se caracterizan por su solubilidad en solventes orgánicos poco polares y por un origen biosintético común (Carey, 1999: 936-956). Son productos naturales característicos de animales y vegetales y comprenden aceites, grasas, ceras y esteroides, entre otros. Los componentes principales de los aceites vegetales y las grasas animales son mezclas de triacilglicéridos, moléculas constituidas por ésteres del glicerol (1, 2, 3-propanotriol) con tres ácidos grasos. Estos últimos son ácidos orgánicos que presentan cadenas hidrocarbonadas, generalmente

lineales, de varios átomos de carbono, como, por ejemplo, los de 16 (ácido palmítico) o 18 (ácido esteárico) carbonos (Figura 1). Por otro lado, las ceras, además de la producida por abejas, se encuentran en las cutículas de hojas y frutos de distintas especies vegetales. Las ceras están constituidas por mezclas de compuestos hidrofóbicos, como ésteres de ácidos grasos con alcoholes con un número elevado de átomos de carbono, además de hidrocarburos. En cuanto a los esteroides, la yema de huevo y las grasas animales contienen colesterol, mientras que las plantas contienen otros esteroides como campesterol, sitosterol y estigmasterol, pero en proporciones menores que el colesterol en animales (Figura 1).

La diversidad de componentes lipídicos y las mezclas de compuestos químicamente relacionados requiere de la aplicación de técnicas separativas, como las cromatografías gaseosa y líquida, para la posterior identificación de sus componentes. Para ello es necesario contar con patrones de referencia o en su defecto utilizar técnicas cromatográficas acopladas a espectrómetros de masa que permiten asignar las estructuras químicas de los compuestos individuales a partir del análisis de fragmentaciones características de cada molécula (Colombini y Modugno, 2009). Entre estas técnicas destacamos la cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (GC-MS) para el análisis de componentes de lípidos, como derivados de ácidos grasos, alcoholes de cadena larga y esteroides. Por otra parte, la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa con técnicas de ionización suave como electrospray (LC-ESI-MS) o ionización química a presión atmosférica (LC-APCI-MS) permite el análisis de moléculas intactas, como acilglicéridos, que constituyen biomarcadores de lípidos de distintas fuentes naturales. A su vez, la combinación de estas técnicas analíticas con el análisis elemental acoplado a espectrometría de masa de relaciones isotópicas (EA-IRMS) de los isótopos estables de carbono ( $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$ ) y el análisis isotópico de compuestos específicos, como derivados de ácidos grasos (GC-C-IRMS) (Colombini y Modugno, 2009; Evershed, 2008a), permiten obtener mayor precisión acerca del origen de los lípidos preservados en la matriz de las cerámicas.



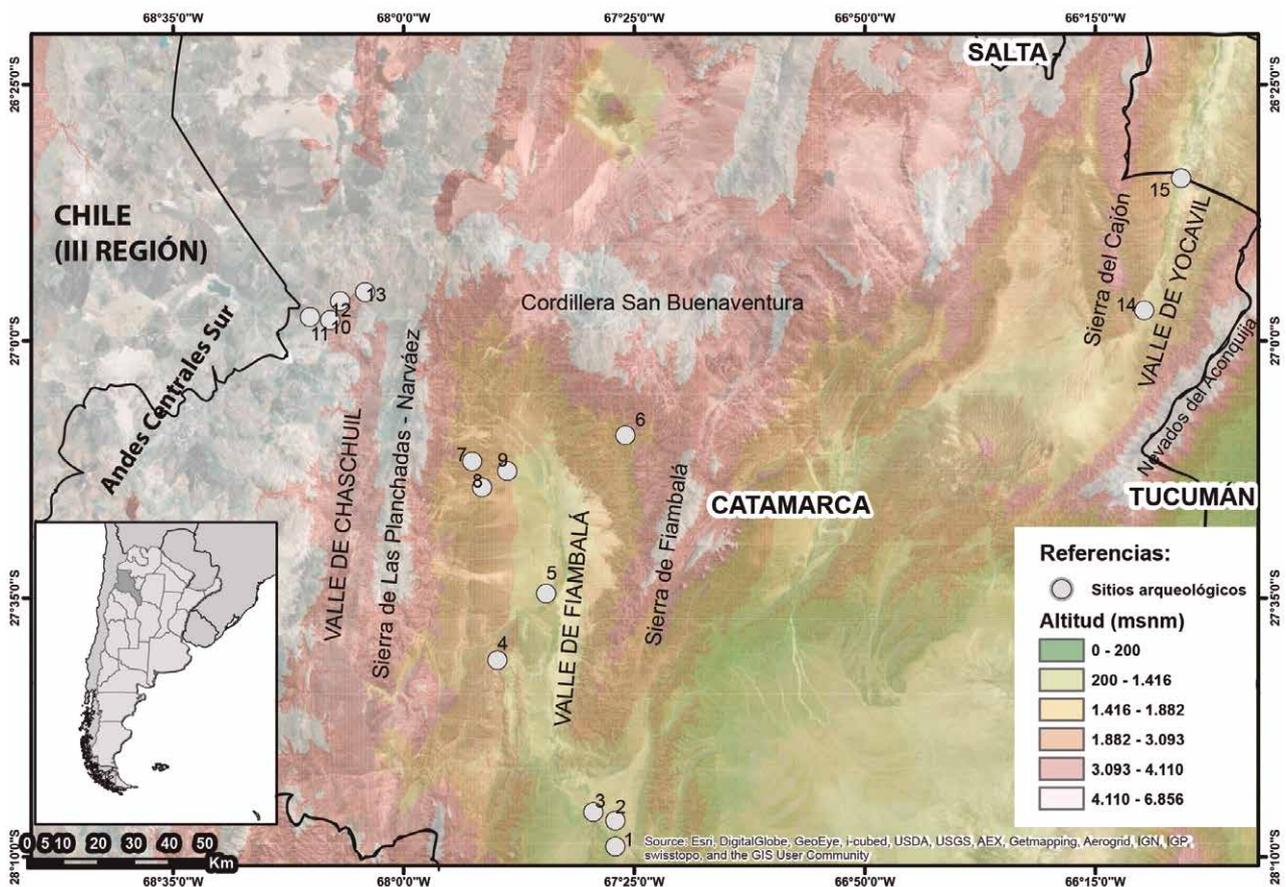
**Figura 1.** Estructuras químicas de lípidos. Fuente: Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier.

## Región de estudio

La provincia de Catamarca se encuentra ubicada en el noroeste de la República Argentina, limitando al norte con la provincia de Salta, al este con las provincias de Tucumán y Santiago del Estero, al sureste con la provincia de Córdoba, al sur con la provincia de La Rioja y al oeste con la III Región de Chile, cuyo límite está determinado por la divisoria de aguas de la cordillera de los Andes (Figura 2). Se caracteriza por su relieve montañoso con cadenas como la cordillera andina, la precordillerana y las distintas serranías que recorren paralelas de norte a sur, intercaladas por valles dispuestos en la misma orientación.

De oeste a este, los valles abarcados en este trabajo incluyen, en primer lugar, dos valles ubicados en el oeste del departamento de Tinogasta, vinculados entre sí por conectores naturales que atraviesan las sierras de Narváez y Las Planchadas: la puna transicional de Chaschuil (3500-4000 m s. n. m.) y el valle mesotérmico de Fiambalá (1400-2400 m s. n. m.). La cuenca principal de los ríos Fiambalá-Abaucán recorre el valle mesotérmico, conteniendo a tributarios como los ríos Guanchín-Chaschuil, La Troya y otros que nacen en las sierras de Fiambalá. El clima moderno es árido a semiárido y el área está inserta dentro del distrito fitogeográfico del Monte, perteneciente al Dominio Chaqueño (Morlans, 1985).

En segundo lugar, hacia el este, se encuentra el valle de Santa María, ubicado en el departamento homónimo, también denominado valle de Yocavil por su toponimia originaria. Este valle



**Figura 2.** Mapa con la ubicación de los sitios arqueológicos estudiados en la provincia de Catamarca, Argentina. Referencias: 1, La Troya LT-V50; 2, Sitio Experimental Campo La Troya; 3, Batungasta; 4, Punta Colorada; 5, Mishma 7; 6, Cardoso; 7, Ojo de Agua; 8, Quintar 1; 9, Palo Blanco; 10, El Zorro; 11, Las Coladas; 12, San Francisco; 13, Laguna Salada; 14, El Colorado; 15, Fuerte Quemado-Intihuatana. Fuente: Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier con asistencia de L. Coll.

forma parte de los valles Calchaquíes, y se encuentra delimitado por los nevados de Aconquija al este y la sierra del Cajón al oeste. El río Santa María lo recorre de norte a sur y se trata de un paisaje de planicies aluviales amplias. Se caracteriza por un clima árido de sierras y bolsones, inserto también dentro del distrito fitogeográfico del Monte (Morlans, 1985).

## Abordaje multianalítico para el estudio de residuos lipídicos en cerámicas arqueológicas

El diseño experimental para el análisis de lípidos en cerámicas arqueológicas comprende un proceso de extracción de la fracción lipídica de la cerámica y distintos pasos de separación y derivatización para la caracterización de las moléculas de interés. En la Figura 3 se representa el esquema completo de trabajo. Sin embargo, en el caso de muestras de las que se recuperó muy poca masa, o bien cuyos perfiles lipídicos son pobres, se seleccionan solo algunas de las técnicas analíticas, ya que no ameritan el análisis multitécnica (Figura 3).

### Selección de las muestras

Para la selección de las muestras se establecieron los siguientes criterios (Ratto *et al.*, 2021): (i) seleccionar fragmentos con características tecnológicas y morfológico-funcionales conocidas, privilegiando tiestos que representen puntos característicos del contorno de la pieza (Feely, 2010, 2013); (ii) tener la certeza de que cada fragmento representa a una vasija distinta en función de criterios metodológicos aplicados en el estudio tecnológico previo (Feely y Ratto, 2013); (iii) contar con información contextual arqueológica del fragmento y si es factible con muestras de las matrices sedimentarias del contexto y otras de control extrasitio, ya que los sedimentos naturales pueden contener lípidos en bajas concentraciones que pueden interferir en el análisis de los resultados de las cerámicas (Gurin *et al.*, 2021); (iv) priorizar aquellas muestras que hayan sido recolectadas siguiendo un protocolo específico para su recuperación, manipulación y almacenamiento con el objetivo de evitar o limitar su contaminación con compuestos orgánicos exógenos (Lantos *et al.*, 2020).

### Extracción de los lípidos

Luego de la selección de los fragmentos cuyo contenido en lípidos se quiere analizar, se realiza una limpieza mecánica de la superficie con un torno eléctrico para eliminar restos de sedimentos y contaminantes que pudieran interferir con los resultados del análisis químico. A continuación, si es factible, se muele el fragmento en un mortero de porcelana hasta obtener un polvo. De esta manera se facilita el proceso de extracción debido a que hay mayor contacto entre el material y el solvente de extracción

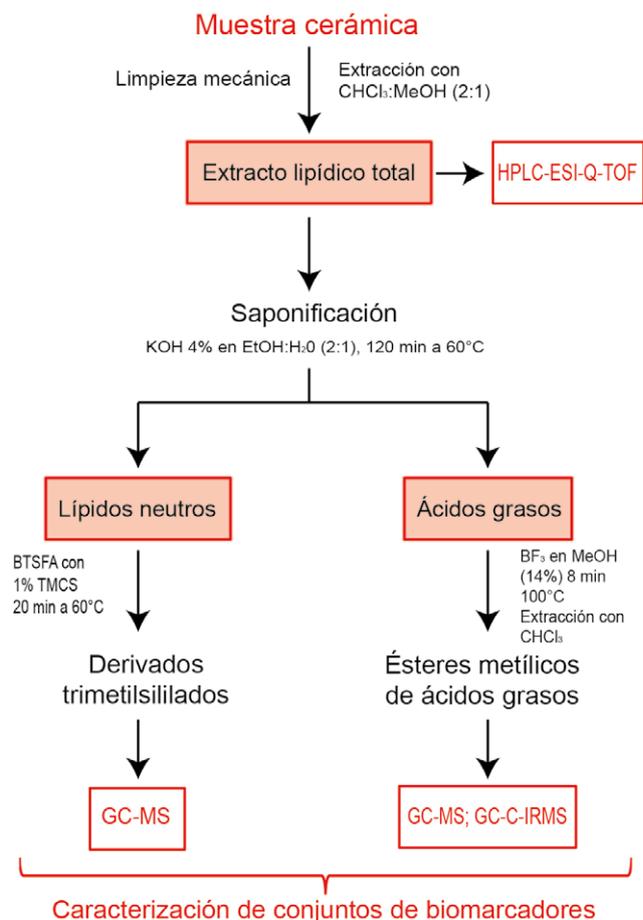


Figura 3. Esquema completo de trabajo. Fuente: Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier.

que es una mezcla de cloroformo:metanol (2:1). El extracto se seca bajo corriente de nitrógeno y se pesa. Una fracción se reserva para el análisis directo del extracto lipídico total mediante espectrometría de masa con ionización por electrospray (ESI-MS), LC-ESI-MS y análisis elemental acoplado a espectrometría de masa de relaciones isotópicas (EA-IRMS) y el resto se saponifica y derivatiza para identificar los ácidos grasos y los compuestos neutros (esteroles y alcoholes de cadena larga).

### **Saponificación de los lípidos y preparación de derivados para su análisis por GC-MS**

La fracción de lípidos se saponifica en medio alcalino (KOH 4 % en etanol:agua (2:1)) para obtener las sales de potasio de los ácidos grasos constituyentes de los triglicéridos. La extracción con *n*-hexano permite recuperar los compuestos neutros, como esteroides y alcoholes de cadena larga provenientes de ceras para su posterior derivatización con un agente sililante y su análisis por GC-MS. La fracción conteniendo las sales de los ácidos grasos se acidifica a pH 3 y se extrae con éter etílico. La fracción etérea se seca y se metila con una solución de ácido clorhídrico 5 % en metanol, o bien con trifluoruro de boro en metanol al 14 % (Lantos *et al.*, 2015), para obtener los ésteres metílicos de los ácidos grasos que son posteriormente analizados por GC-MS (Careaga *et al.*, 2013).

### **Análisis de los lípidos por espectrometría de masa con ionización por electrospray (ESI-MS) y acoplada a cromatografía líquida (HPLC-ESI-MS)**

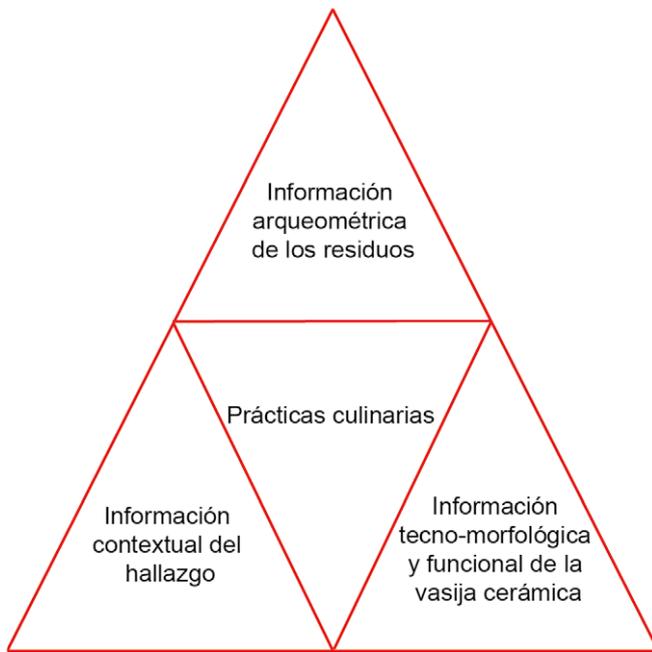
Hemos incorporado a nuestro esquema de trabajo el análisis de los extractos lipídicos totales mediante estas técnicas. En el caso del análisis directo, el extracto obtenido con cloroformo:metanol (2:1) se inyecta directamente en el espectrómetro de masa de alta resolución (Bruker MicrOTOF-Q II). Esta metodología puede aplicarse para el análisis de muestras de referencia o réplicas de vasijas cerámicas en donde se haya realizado experimentación con ingredientes conocidos, en cuyo caso se dispone de abundante material lipídico, o en el caso particular de muestras arqueológicas donde se haya recuperado una cantidad apreciable de extracto lipídico. Posteriormente —o en el caso de disponer de escaso material— se realiza un análisis mediante HPLC-ESI-MS con el objetivo de llevar a cabo una separación y caracterización de los acilglicéridos para identificar posibles biomarcadores de lípidos de origen vegetal o animal (Lantos *et al.*, 2020).

### **Análisis de isótopos estables de carbono en extractos lipídicos**

Al extracto lipídico total se le realiza un análisis elemental acoplado a espectrometría de masa de relaciones isotópicas (EA-IRMS) que brinda información sobre la composición isotópica de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ). Esta técnica proporciona una medición promediada de las moléculas que componen el extracto total. Por otro lado, en casos de muestras que son mezclas complejas, es posible realizar un análisis por GC-C-IRMS que proporciona mediciones de isótopos estables de carbono en cada uno de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (Lantos *et al.*, 2015).

### **Interpretación de los resultados: en búsqueda de biomarcadores**

En los últimos años, el estudio de residuos orgánicos en matrices complejas como los materiales arqueológicos degradados se ha focalizado en la identificación de biomarcadores, es decir, conjuntos de moléculas que proveen información relacionada con las prácticas humanas del pasado. En el caso de los lípidos, los ácidos grasos son biomarcadores no específicos que plantean desafíos considerables para la identificación de su origen. En este sentido se debe tener en cuenta la precaución con la que se utiliza el índice P/S (relación entre las concentraciones relativas de los ácidos palmítico y esteárico), ampliamente utilizado en la bibliografía por muchos años. Actualmente se encuentra en discusión la validez de este índice, ya que si bien estos ácidos grasos son los ácidos saturados



**Figura 4.** Integración de los datos químicos y arqueológicos para el estudio de las prácticas culinarias. Fuente: Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier.

mayoritarios que se encuentran en muestras de cerámica, cantidades significativas de estos podrían tener origen en la conversión de ácidos grasos insaturados a saturados (Irto *et al.*, 2022). Asimismo, la solubilidad y volatilidad son ligeramente diferentes en ácidos grasos con cadenas hidrocarbonadas de diferente longitud (Whelton *et al.*, 2021), lo que dificulta la interpretación de este índice. Sin embargo, se ha demostrado que los triacilglicéridos remanentes en lípidos degradados podrían, en conjunto con otros lípidos (como esteroides), ser buenos biomarcadores de los componentes originales, ya que parte de ellos pueden permanecer inalterados en las matrices que los contienen. Además, el riesgo de contaminación con otros triglicéridos (por ejemplo, los provenientes de las matrices sedimentarias) es mínimo (Saliu *et al.*, 2011). Por otra parte, los lípidos producidos por microorganismos contribuyen en baja proporción a la distribución total de lípidos absorbidos en la matriz inorgánica (Dudd *et al.*, 1998). Los esteroides de las mezclas lipídicas también pueden contribuir a la diferenciación del origen de un residuo, por ejemplo, el colesterol es característico de una grasa animal, mientras que el campesterol y el sitoesterol provienen de vegetales y el ergosterol es un biomarcador de la actividad microbiana (Issakson *et al.*, 2010). Si bien la identificación de esteroides en un residuo es un dato importante, no permite la asignación a nivel de especie. Paralelamente, la caracterización isotópica de los lípidos residuales aporta más información sobre los recursos animales y vegetales en el contexto de su ecología isotópica (Roffet Salque *et al.*, 2017). Es importante remarcar que es insuficiente la identificación de biomarcadores aislados, y que es el conjunto de los mismos lo que finalmente permite una aproximación más precisa al origen de los lípidos en mezclas complejas (Irto *et al.*, 2022; Whelton *et al.*, 2021). De allí la importancia de un abordaje multi-analítico que incorpore técnicas de espectrometría de masa que incluyan el análisis del perfil de acilglicéridos y el análisis de isótopos estables.

### Integración de la información química y arqueológica

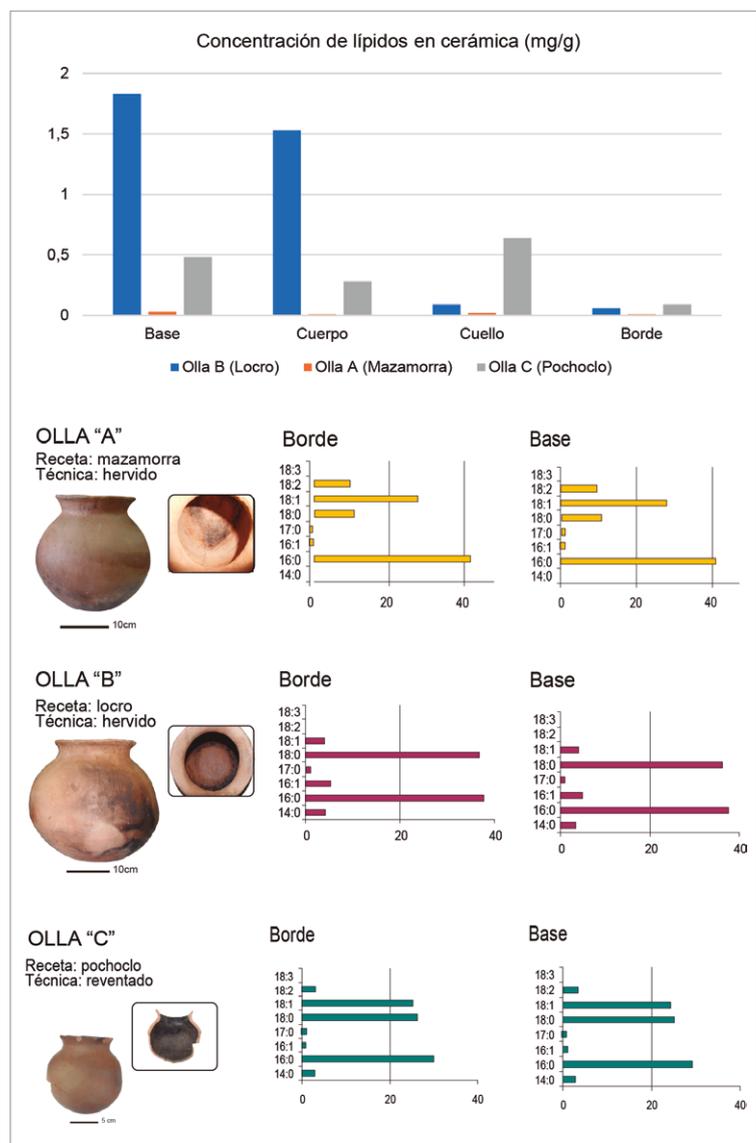
La integración de los resultados de los análisis químicos de los residuos orgánicos con la información del contexto de hallazgo de las cerámicas y sus características tecno-morfológicas y funcionales es indispensable para determinar sus usos específicos (Figura 4). La presencia de restos óseos de animales y vestigios de plantas, la recolección de sedimentos del sitio asociados a las piezas arqueológicas, así como la identificación de espacios destinados a la cocción, procesamiento o almacenamiento de alimentos, son referencias relevantes para evaluar y analizar la información química. Del mismo modo, un análisis detallado de la forma de la vasija o fragmento puede indicar su pertenencia a diferentes tipos morfológicos vinculados con la elaboración, el transporte o el almacenaje de comidas y bebidas. Por ejemplo, la identificación de diseños pintados en la superficie de la cerámica y la ausencia de hollín en el exterior de las piezas constituyen indicios sobre su uso en el transporte o servicio de comidas y bebidas. Este entrecruzamiento de la información en el marco de un trabajo de investigación que trasciende los campos de las distintas disciplinas involucradas en el estudio de un objeto constituye una base sólida para arribar a conclusiones fundamentadas sobre las prácticas culinarias de una sociedad.

## Materiales cerámicos experimentales: construcción de una línea de base

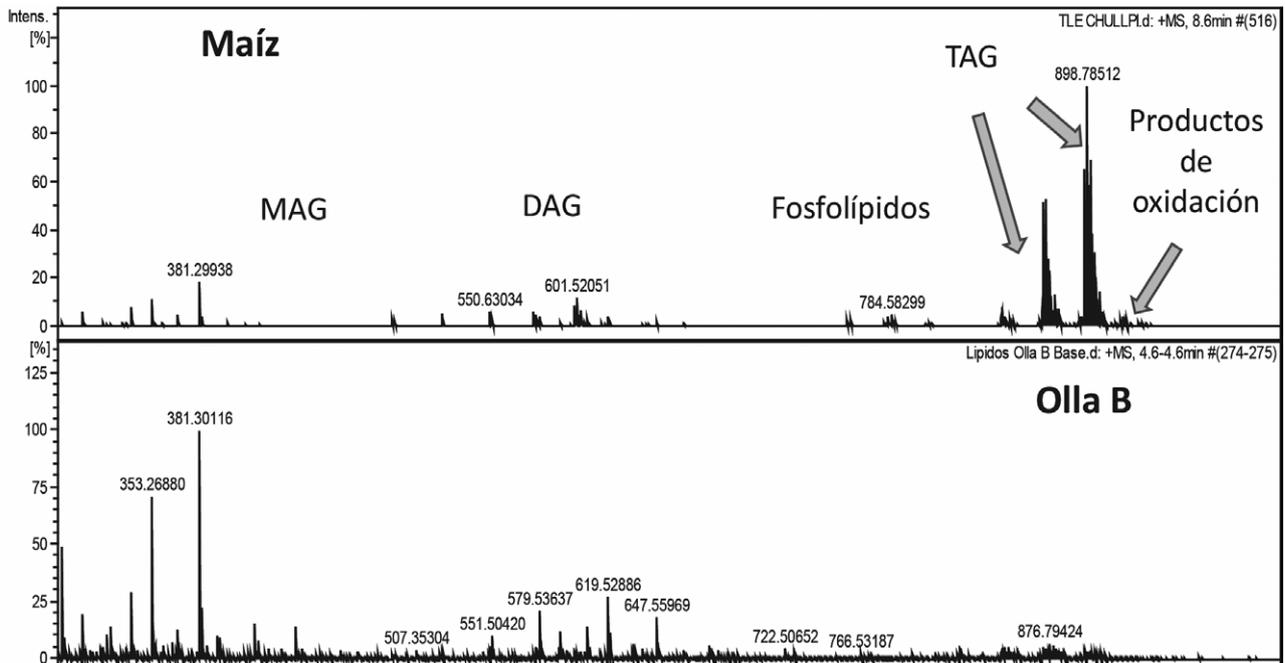
Con el propósito de contribuir a la discusión sobre la distribución y concentración de lípidos en distintas partes del contorno de las vasijas para posteriormente encarar una estrategia de muestreo en los conjuntos arqueológicos, y de acuerdo con la bibliografía que ha trabajado esta problemática específica (Evershed, 2008b), se elaboraron ollas réplicas de acuerdo con las técnicas tradicionales de manufactura y parámetros morfológicos y volumétricos establecidos en investigaciones previas en la región de estudio (Feely y Ratto, 2009; Feely, 2010). En las ollas se cocinaron tres recetas tradicionales andinas a base de maíz (*Zea mays*), buscando reproducir prácticas culinarias tradicionales de la región (Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas, 2007). En la olla «A» (Figura 5) se preparó mazamorra, en base a maíz dulce del tipo chullpi, el cual se hirvió con agua. En la olla «B» se cocinó loco, un guiso obtenido a base de maíz blanco dentado, poroto alubia, ají verde, grasa vacuna refinada y agua. En la olla «C» se cocinó pochoclo (palomitas) a base de maíz pisingallo con el aporte de una pequeña cantidad de grasa. Todas las recetas fueron cocinadas en el área experimental de La Troya, ubicada a 1450 m s. n. m. en el Bolsón de Fiambalá (departamento de Tinogasta, provincia de Catamarca) (Figura 2).

Las ollas se rompieron en tientos para analizar las diferentes zonas (Figura 5). En el caso de la olla «A», el sector más rico en lípidos fue la base, seguido del cuello, el borde y el cuerpo, mientras que en la olla «B» las mayores concentraciones de lípidos se encontraron en la base y el cuerpo, con concentraciones menores en el cuello y el borde. En la olla «C» las zonas con mayor concentración de lípidos fueron la base y el cuello, seguidas de cuerpo y borde. A pesar de estas diferencias, las composiciones de los ácidos grasos se mantuvieron homogéneas en todo el contorno de la vasija. Esta experimentación sugiere que pueden analizarse fragmentos de cualquier sección de su contorno, ya que el perfil lipídico sería representativo del contenido. Otra conclusión que pudimos sacar es que cuando las recetas incluyen ingredientes animales, la concentración de lípidos es sustancialmente mayor que en las que los ingredientes son vegetales.

Se llevó a cabo el análisis de los perfiles de ácidos grasos, esteroides y la caracterización isotópica de los lípidos recuperados de las ollas y de los ingredientes individuales que se utilizaron en cada receta (Lantos *et al.*, 2015). Con el propósito de continuar con la búsqueda de un conjunto de biomarcadores específicos que nos permitiera avanzar en el estudio de mezclas complejas de lípidos



**Figura 5.** Análisis de las concentraciones de los extractos lipídicos en el contorno de las ollas réplica y perfiles de los ésteres metílicos de ácidos grasos. Fuente: Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier.



**Figura 6.** Espectros obtenidos por ESI-MS de los lípidos de maíz y de la Olla B. MAG: monoacilglicéridos; DAG: diacilglicéridos; TAG: triacilglicéridos. Fuente: Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier.

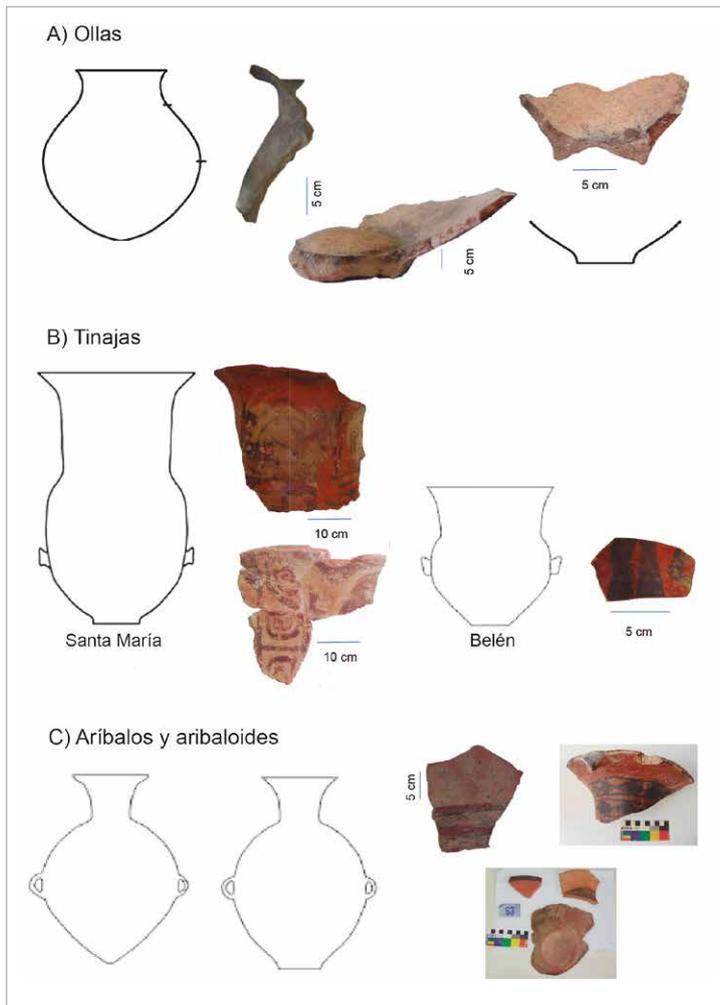
recuperados de las matrices cerámicas, se eligió la olla «B» para su análisis por ESI-MS, ya que de sus fragmentos se recuperó la mayor cantidad de extracto lipídico proveniente de la cocción de ingredientes vegetales y grasa animal. En la figura 6 se muestran los espectros de masa obtenidos al analizar por ESI-MS los lípidos de una muestra de maíz de referencia y los extraídos de la olla «B» (Figura 6).

Los resultados obtenidos permitieron corroborar que la matriz cerámica preserva parte de los triacilglicéridos, además de di- y monoacilglicéridos, fosfolípidos y productos de degradación. Como productos de oxidación se identificaron principalmente derivados de triacilglicéridos hidroxilados y posibles hidroperóxidos.

Teniendo en cuenta la complejidad de estas mezclas, es necesario el empleo de HPLC-ESI-MS para caracterizar fehacientemente el perfil lipídico. Los resultados obtenidos al analizar los lípidos de la olla «B» mediante HPLC-ESI-MS permitieron identificar un perfil de triacilglicéridos intactos (datos no publicados) que podrían utilizarse para corroborar la información sobre los ingredientes que contuvo la olla. En este punto es importante tener en cuenta que si bien son numerosos los trabajos que reportan el perfil de ácidos grasos de especies sudamericanas (Mazzuca y Balzaretti, 2003; Maier *et al.*, 2007; Polidori *et al.*, 2007; Ryan *et al.*, 2007; Lantos *et al.*, 2015; Cittadini *et al.*, 2021, entre otros), son muy escasos los que han realizado el análisis del perfil de triacilglicéridos (Siano *et al.*, 2018; Harrabi *et al.*, 2010; Fanali *et al.*, 2015; Golijan *et al.*, 2019).

## Discusión de casos de estudio de cerámicas arqueológicas de la provincia de Catamarca

Se seleccionaron fragmentos de sitios arqueológicos habitados durante el primer y segundo milenio d. C. distribuidos a lo largo de distintos valles transversales de la provincia de Catamarca (Figura 2). Las sociedades del primer milenio en el noroeste argentino se caracterizaron por su organización heterárquica y su modo de vida aldeano, complementando actividades extractivas como caza y recolección con actividades productivas agropastoriles (Scattolin, 2015). Para el segundo milenio se



**Figura 7.** Cerámicas arqueológicas de la Provincia de Catamarca estudiadas en este trabajo. Adaptado de Lantos *et al.*, 2015, 2017, 2018 y 2020. Fuente: Irene Lantos, Valeria P. Careaga y Marta S. Maier, N. Ratto, V. Palamarczuk y M. Orgaz.

comienzan a registrar asentamientos en aglomerados más densos, la aparición de rasgos que indican una creciente jerarquización social y la consolidación de las economías productivas, aunque manteniendo prácticas extractivas complementarias (Tarragó, 2000). Las sociedades del segundo milenio entraron en contacto con el Imperio Inca cuando este las incorpora al Collasuyo como parte de su estrategia imperial (González y Tarragó, 2004).

Se estudiaron fragmentos de sitios aldeanos del primer milenio (El Zorro y Laguna Salada) y sitios de los períodos Intermedio Tardío e Inca (Las Coladas y San Francisco Inca) del valle de Chaschuil (Ratto, 2013). Del valle de Fiambalá, se analizaron cerámicas de aldeas del primer milenio (La Troya LT-V50, Palo Blanco, Ojo del Agua, Punta Colorada, Cardoso) y sitios ocupados durante el segundo milenio y en contacto con el Imperio Inca (Batungasta, Mishma 7, Quintar 1) (Ratto, 2013). Además, se estudiaron cerámicas del sitio con ocupación durante el período Intermedio Tardío El Colorado en el sector sur del valle de Yocavil (Palamarczuk, 2016), y en el sector norte de este valle, del sitio Fuerte Quemado-Intihuatana, de ocupación tardía e incaica (Orgaz, 2012) (Figura 2).

Teniendo en cuenta las características estilísticas, tecno-morfológicas y los rasgos de uso presentes en los fragmentos seleccionados para el análisis de residuos, los mismos se agruparon en dos categorías amplias: ollas, por un lado, y contenedores de bebidas, por el otro (Figura 7).

Las ollas tienen una morfología globular o subglobular, bases convexas, cóncavo-convexas o cónicas, cuellos ligeramente restringidos, presencia o ausencia de asas, ausencia de decoración y acabados de superficie alisados (Feely, 2013; Orgaz *et al.*, 2007) (Figura 7a). Este grupo tiene permanencia a lo largo de todo el rango temporal, cumpliendo un papel doméstico en la cocción de alimentos.

Los contenedores de bebidas presentan morfologías que aparecen durante el segundo milenio, incluirían a las tinajas, por un lado, y a los arribalos/aribaloides, por el otro. Las tinajas estudiadas pertenecen a los grupos estilísticos Belén y Santa María (Lantos *et al.*, 2018), y se trata de un grupo de contenedores de tamaños variables con siluetas de cuerpos ovoides, con cuellos anchos y profusa decoración bicolor o tricolor (Marchegiani *et al.*, 2009; Orgaz *et al.*, 2007) (Figura 7b). La bibliografía clásica las describe como urnas debido al uso como contenedores mortuorios, generalmente asociados con cuencos o pucos utilizados como tapas. Más allá del uso funerario, varios hallazgos recientes de estas piezas en contextos domésticos y con signos de uso y alteraciones indicarían un rango de funciones amplio (Amuedo, 2012; Greco *et al.*, 2012; Iucci, 2016; Nastri, 1999; Orgaz *et al.*, 2007; Palamarczuk, 2008; entre otros). Por otro lado, los arribalos y aribaloides son

característicos del período de ocupación inca en Catamarca, y presentan bases cónicas o semicónicas, cuerpos ovoides y cuellos sumamente restringidos que indicarían su función para transportar líquidos (Orgaz *et al.*, 2007) (Figura 7c). Sus superficies interiores son lisas y las superficies externas fueron tratadas con engobe, pulidas y pintadas (Feely, 2010). Varios autores han enunciado que los aríbalos y aríbaloides fueron diseñados para almacenar, transportar y servir bebidas alcohólicas en las festividades rituales inca (Bray, 2004; Giovanetti *et al.*, 2013; Moore, 2013).

El análisis de residuos de lípidos en fragmentos de ollas del primer y segundo milenio en los valles de Chaschuil y Fiambalá (Lantos *et al.*, 2015) y en el de Yocavil (Lantos *et al.*, 2017, 2020) mostró perfiles de ácidos grasos que indicaron la presencia de mezclas complejas de origen vegetal y animal, sugiriendo la cocción de distintos ingredientes en las mismas ollas a modo de sopas o guisos. Las mezclas incluyeron diferentes proporciones de grasa de camélido de Sudamérica (*Lama glama* llama; *Lama guanicoe* guanaco; *Vicugna vicugna* vicuña), plantas C<sub>3</sub> como poroto (*Phaseolus vulgaris*), algarroba (*Prosopis* spp.) o chañar (*Geoffrea decorticans*), y plantas C<sub>4</sub> como maíz (*Zea mays*). La grasa de camélido (animal pseudorumiante) fue determinada principalmente en base a la presencia de ácidos grasos impares tanto lineales como ramificados, junto con colesterol y sus productos de degradación. La contribución de los lípidos de vegetales fue enmascarada por otros ingredientes, como la grasa animal. A pesar de esto, fue posible identificar alcoholes de cadena larga y fitoesteroles que evidenciaron la presencia de lípidos vegetales en la mezcla. Es de destacar que el ácido linoleico (C18:2) fue encontrado en bajas proporciones en varias de las muestras arqueológicas estudiadas, lo cual indica su excepcional preservación en la matriz cerámica. También vale destacar que se observó una continuidad en los usos culinarios de las ollas entre el primer y segundo milenio, indicando una repetitividad en las prácticas domésticas vinculadas a la alimentación, característica también registrada en otras órbitas de la vida cotidiana (Ratto *et al.*, 2015).

El grupo de cerámicas pertenecientes a los «contenedores de bebidas» indicaron el uso de distintos recursos vegetales para la elaboración de bebidas fermentadas. En el caso de las tinajas estilo Belén del valle de Fiambalá (Mishma 7) y estilo Santa María del valle de Yocavil (El Colorado y Fuerte Quemado-Intihuatana) se recuperaron extractos lipídicos sustanciales que constituyen un primer indicio del uso culinario de estas piezas en contextos habitacionales (Lantos *et al.*, 2018). Los perfiles de ácidos grasos indicaron la presencia de mezclas complejas de origen vegetal y animal. Se detectaron ácidos grasos insaturados de 16 y 18 carbonos, saturados de entre 20 y 24 carbonos, así como una variedad de diácidos de 8, 9 y 10 carbonos, que son productos de oxidación de ácidos grasos poliinsaturados, posiblemente de origen vegetal, que no sobrevivieron en la matriz cerámica. Además, se detectó en una de las tinajas la presencia de fitoesteroles, además de colesterol. Al igual que en las ollas, se observó la presencia de ácidos impares lineales y ramificados, que son posibles indicadores de la presencia de grasa de animales pseudorumiante como los camélidos sudamericanos. Vale destacar que estas tinajas no fueron expuestas al fuego y que por su importante volumen y su importancia como soporte material de comunicación visual (Basile, 2013) posiblemente sirvieron para almacenar, exhibir y/o servir bebidas fermentadas y/o comidas en contextos comunitarios y/o festivos.

Con el objetivo de profundizar en la caracterización de los lípidos en su forma original, es decir, como acilglicéridos, y aprovechando la excepcional preservación en las muestras de tinajas del sitio El Colorado en el valle de Yocavil, se encaró un estudio multitécnica que complementa los resultados obtenidos hasta el momento con el análisis de acilglicéridos por HPLC-ESI-MS. Así, fue posible identificar numerosos triacilglicéridos intactos en los extractos de lípidos totales, destacándose entre ellos algunos que contenían ácidos grasos insaturados que evidenciaron el buen estado de preservación de los lípidos y su asociación al procesamiento de plantas, entre ellos, la trilinoleína (Fanali *et al.*, 2015; Harrabi *et al.*, 2010). Asimismo, fue destacable la presencia de triacilglicéridos con ácidos grasos impares, que en conjunto con los resultados obtenidos mediante otras técnicas confirmaron la presencia de lípidos de animales rumiantes. Es importante remarcar que la comparación de los perfiles de triacilglicéridos debió realizarse con datos reportados para rumiantes euroasiáticos (Regert, 2011; Lísá *et al.*, 2011; Tuñón-López *et al.*, 2017), dada la ausencia de perfiles

reportados para especies sudamericanas. La grasa de los rumiantes podría haberse utilizado para sellar las superficies internas para el almacenamiento de líquidos o su presencia podría ser el resultado de contener alimentos como guisos que combinan ingredientes animales y vegetales.

En el caso de los aríbalos/aribaloides, las muestras de los valles de Chaschuil (San Francisco Inca y Las Coladas) y Yocavil (Fuerte Quemado-Intihuatana), que estaban asociadas con rituales y festividades incas, presentaron perfiles  $\delta^{13}\text{C}$  comparables al de las plantas  $\text{C}_4$ , como el maíz, mientras que otros ejemplares de esta morfología presentaron una composición isotópica que sugiere una mezcla de plantas  $\text{C}_4$  y  $\text{C}_3$ , siendo la algarroba un ejemplo de este último tipo (Lantos *et al.*, 2017). Los valores relativamente altos de  $\delta^{13}\text{C}$  podrían indicar la preparación de chicha por fermentación de maíz, mientras que los valores más bajos son indicios de que en esas piezas se almacenó también la bebida «aloja», producida a partir de la fermentación de vainas de algarroba. La presencia de algunos ácidos grasos de origen animal (ácido mirístico y ácidos grasos ramificados) y de colesterol indicarían el uso de grasa de camélido para impermeabilizar el interior de los contenedores y evitar pérdidas por difusión a través de la matriz cerámica (Miyano *et al.*, 2017). Los cuellos estrechos, cuerpos globulares, decoración en superficies externas y ausencia de hollín apoyan el uso de estas cerámicas como contenedores de bebidas.

## Conclusiones

La experiencia adquirida en el análisis de lípidos de fragmentos cerámicos recuperados de distintos sitios arqueológicos de la provincia de Catamarca nos demostró la importancia de la aplicación de una combinación de técnicas cromatográficas y de espectrometría de masa para determinar la composición de los extractos lipídicos extraídos de las cerámicas. Por otra parte, la caracterización de biomarcadores específicos de distintas fuentes vegetales y animales, como los triacilglicéridos que sobreviven en los poros de la matriz cerámica, permiten identificar de manera más fehaciente los ingredientes contenidos y/o cocinados en las vasijas.

El desafío futuro es la construcción de una base de datos de triacilglicéridos de referencia de grasas animales y aceites vegetales característicos de distintas regiones de Argentina y que fueron incorporados en las prácticas culinarias en el pasado. Esta será una herramienta muy valiosa para profundizar en el análisis de lípidos en materiales arqueológicos.

Finalmente, queremos resaltar la importancia de un verdadero trabajo de investigación interdisciplinario que ponga en discusión las miradas y los aportes de las distintas disciplinas involucradas.

## Agradecimientos

Las autoras agradecen a Luis Coll su asistencia en el diseño del mapa, y a Norma Ratto, Valeria Palamarzucuk y Martín Orgaz por la gentileza de las fotos y las muestras de las piezas arqueológicas de la provincia de Catamarca (Argentina). Estas investigaciones fueron financiadas por subsidios de la Universidad de Buenos Aires (UBACyT 20020170100340BA) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) (PIP 11220130100288CO). I.L., V.P.C. y M.S.M. pertenecen a la carrera del investigador científico de CONICET.

## Bibliografía

AMUEDO C. (2012): «Las conexiones entre las prácticas mortuorias de infantes y los alimentos. La materialidad y los significados generados en el movimiento cotidiano». En: Babot M. P., Marschoff M. y Pazzarelli, F. (eds.) *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13, pp. 667-692.

- BASILE, M. (2013): «Imágenes en Cerámica de la Región de Fiambalá (Catamarca, Argentina): Cambios y Continuidades entre los Siglos IV y XV». *Cbungará*, 45 (4), pp. 581-598.
- BRAY, T. (2004): «La alfarería imperial inka: una comparación entre la cerámica estatal del área de Cuzco y la cerámica de las provincias». *Cbungará*, 36 (2), pp. 365-374.
- CALDERARI, M. y WILLIAMS, V. (1991): «Re-evaluación de los estilos cerámicos del noroeste argentino». *Comechingonia*, 9, pp. 75-95.
- CAMARA, J. A. y ARANCIBIA, D. (2007): *Maíces andinos y sus usos en la Quebrada de Humahuaca y regiones vecinas (Argentina)*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- CAREAGA, V. P., MUNIAIN, C. y MAIER, M. S. (2013): «Fatty acid composition of the edible sea cucumber *Athyonidium chilensis*». *Natural Products Research*, 27, pp. 639-647.
- CAREY, F. A. (1999): *Química Orgánica*. 3ª ed. Madrid: McGraw-Hill.
- CITTADINI, M. C., GARCÍA-ESTEVÉZ, I., ESCRIBANO-BAILÓN, M. T. *et al.* (2021): «Nutritional and nutraceutical compounds of fruits from native trees (*Ziziphus mistol* and *Geoffroea decorticans*) of the dry chaco forest». *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, 103775.
- COLOMBINI, M. P. y MODUGNO, F. (2009): *Organic mass spectrometry in art and archaeology*. Chichester: John Wiley & Sons.
- DUDD, S. N., REGERT, M. y EVERSHERD, R. P. (1998): «Assessing microbial lipid contributions during laboratory degradations of fats and oils and pure triacylglycerols absorbed in ceramic pots-herds». *Organic Geochemistry*, 29, pp. 1345-1354.
- EERKENS, J. W. (2005): «GC-MS analysis and fatty acid ratios of archaeological potsherds from the western great basin of North America». *Archaeometry*, 47, pp. 83-102.
- EVERSHERD, R. P. (2008a): «Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution». *Archaeometry*, 50, pp. 895-924.
- (2008b): «Experimental approaches to the interpretation of absorbed organic residues in archaeological ceramics». *World Archaeology*, 40, pp. 26-47.
- FANALI, C., BECCARIA, M., SALIVO, S. *et al.* (2015): «Non-polar lipids characterization of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) seed by comprehensive two-dimensional gas chromatography with flame ionization/mass spectrometry detection and non-aqueous reversed-phase liquid chromatography with atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry detection». *Journal of Separation Science*, 38, pp. 3151-3160.
- FEELY, A. (2010): *Estilos tecnológicos y tradiciones cerámicas del Bolsón de Fiambal*. Tesis doctoral. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Disponible en: <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/1303> [Consulta: 30 de noviembre de 2022].
- (2013): «Los modos de hacer las vasijas: elecciones técnicas y estilos tecnológicos del oeste tinogasteño (Catamarca)». En: Ratto, N. (ed.) *Delineando Prácticas de La Gente Del Pasado: Los Procesos Sociohistóricos Del Oeste Catamarqueño*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología, pp. 69-133.
- FEELY, A. y RATTO, N. (2009): «Variaciones de los conjuntos cerámicos de unidades domésticas: aldeas y puestos formativos del bolsón de Fiambalá (ca. 1500-1300 AP)». En: Ratto, N. (ed.) *Entrelazando ciencias: sociedad y ambiente antes de la conquista española*. Buenos Aires: Eudeba, pp. 99-129.
- (2013): «Cálculo de número mínimo de vasijas y recolección superficial: criterios metodológicos y análisis de casos del oeste tinogasteño (Catamarca)». *Andes*, 24, pp. 425-441.

- GARNIER, N., ROLANDO, C., HOTJE, J. *et al.* (2009): «Analysis of archaeological triacylglycerols by high resolution nanoESI, FT-ICR MS and IRMPD MS/MS: application to 5th century BC-4th century AD oil lamps from Olbia (Ukraine)». *International Journal of Mass Spectrometry*, 284, pp. 47-54.
- GIOVANETTI, M., SPINA, J., PÁEZ, M. C. *et al.* (2013): «En busca de las festividades del Tawantinsuyu: Análisis de los tiestos de un sector de descarte de El Shincal de Quimivil». *Intersecciones en Antropología*, 14, pp. 67-82.
- GOLJAN, J., MILIN, D. D., PETRONIJEVI, R. *et al.* (2019): «The fatty acid and triacylglycerol profiles of conventionally and organically produced grains of maize, spelt and buckwheat». *Journal of Cereal Science*, 90, 102845.
- GONZÁLEZ, L. R. y TARRAGÓ, M. N. (2004): «Dominación, resistencia y tecnología: la ocupación incaica en el Noroeste Argentino». *Chungará*, 36, pp. 393-406.
- GRECO, C., MARCHEGANI, M. y PALAMARZCUK, V. (2012): «Tipologías estilísticas e inferencias funcionales de objetos cerámicos en momentos tardíos del Noroeste Argentino». En: Babot, M. P., Pazzarelli, F. y Marschoff, M. (eds.) *Las Manos En La Masa. Arqueologías y Antropologías de La Alimentación En Suramérica*. Córdoba: Corintios 13, pp. 505-526.
- GURIN, C., MAZZUCA, M., GOMEZ, J. *et al.* (2021): «Micro-Raman spectroscopy and complementary techniques applied for the analysis of rock art paintings at the archaeological locality La Angostura, lower valley of Chubut River (Patagonia, Argentina)». *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13 (3), pp. 1-21.
- HARRABI, S., BOUKHCHINA, S., KALLEL, H. *et al.* (2010): «Glycerophospholipid and triacylglycerol distribution in corn kernels (*Zea mays L.*)». *Journal of Cereal Science*, 51, pp. 1-6.
- IRTO, A., MICALIZZI, G., BRETTI, C. *et al.* (2022): «Lipids in archaeological pottery: a review on their sampling and extraction techniques». *Molecules*, 27, 3451.
- ISAKSSON, S., KARLSSON, C. y ERIKSSON, T. (2010): «Ergosterol (5, 7, 22-ergostatrien-3 $\beta$ -ol) as a potential biomarker for alcohol fermentation in lipid residues from prehistoric pottery». *Journal of Archaeological Science*, 37, pp. 3263-3268.
- IUCCI, M. E. (2016): «Producción, uso y circulación de cerámica tardía en el valle de Hualfín, Catamarca, Argentina». Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- LANTOS, I., CAREAGA, V. P., PALAMARZCUK, V. *et al.* (2020): «Combined use of gas chromatography and HPLC-ESI-Q-TOF to assess the culinary uses of archaeological *Santa María* style ceramic vessels from El Colorado (Catamarca, Argentina)». *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12 (6), pp. 1-18.
- LANTOS, I., ORGAZ, M., PANARELLO, H. O. *et al.* (2018): «Exploring the culinary uses of *Santa María* and *Belén* painted vessels from the Late Intermediate Period in Catamarca, Argentina». *Journal of Archaeological Science: Reports*, 18, pp. 660-667.
- LANTOS, I., PALAMARZCUK, V., ORGAZ, M. *et al.* (2017): «Preliminary molecular evidence of feasting in the Inca site of Fuerte Quemado-Intihuatana. Catamarca, Argentina». *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, pp. 580-590.
- LANTOS, I., SPANGENBERG, J. E., GIOVANETTI, M. A. *et al.* (2015): «Maize consumption in pre-Hispanic south-central Andes: chemical and microscopic evidence from organic residues in archaeological pottery from Western Tinogasta (Catamarca, Argentina)». *Journal of Archaeological Science*, 55, pp. 83-99.
- LÍSA, M., NETUŠILOVÁ, K., FRANĚK, L. *et al.* (2011): «Characterization of fatty acid and triacylglycerol composition in animal fats using silver-ion and non-aqueous reversed-phase high-performance

- liquid chromatography/mass spectrometry and gas chromatography/flame ionization detection». *Journal of Chromatography A*, 1218, pp. 7499-7510.
- MAIER, M., DE FARIA, D., BOSCHÍN, M. *et al.* (2007): «Combined use of vibrational spectroscopy and GC-MS methods in the characterization of archaeological pastes from Patagonia». *Vibrational Spectroscopy*, 44, pp. 182-186.
- MARCHEGANI, M., PALAMARCZUK, V. y REYNOSO, A. (2009): «Las urnas negro sobre rojo tardías de Yocavil (Noroeste argentino): reflexiones en torno al estilo». *Boletín de la Sociedad Chilena de Arte Precolombino*, 14, pp. 69-98.
- MAZZUCA, M. y BALZARETTI, V. T. (2003): «Fatty acids, sterols and other steroids from seeds of Patagonian *Prosopis* species». *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, pp. 1072-1075.
- MIRABAUD, S., ROLANDO, C. y REGERT, M. (2007): «Molecular criteria for discriminating adipose fat and milk from different species by NanoESI MS and MS/MS of their triacylglycerols: application to archaeological remains». *Analytical Chemistry*, 79, pp. 6182-6192.
- MIYANO, J. P., LANTOS, I., RATTO, N. *et al.* (2017): «Animales e Incas en el Oeste Tinogasteño (Catamarca, Argentina)». *Latin American Antiquity*, 28, pp. 28-45.
- MOORE, J. D. (2013): «Power and drink». *Reviews in Anthropology*, 42, pp. 3-14.
- MORLANS, M. C. (1985): *Regiones naturales de Catamarca. Provincias geológicas y provincias fitogeográficas*. Catamarca: Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.
- NASTRI, J. H. (1999): «El estilo cerámico santamariano de los Andes del sur». *Baessler-Archiv. Neue Folge*, 47, pp. 361-396.
- ORGAZ, M. (2012): «Chicha y aloja. Inkas y autoridades locales en el sector meridional del valle de Yocavil - Catamarca - Argentina». *Surandino Monográfico*, 2, pp. 1-38.
- ORGAZ, M., FEELY, A. y RATTO, N. (2007): «La cerámica como expresión de los aspectos socio-políticos, económicos y rituales de la ocupación Inka en la puna de Chaschuil y el valle de Fiambalá (dpto. Tinogasta, Catamarca)». En: Nielsen, A. E. *et al.* (eds.) *Procesos sociales prehispanicos en el sur andino. Vol. 1*. Córdoba: Editorial Brujas, pp. 239-250.
- PALAMARCZUK, V. (2008): «Un análisis de la cerámica arqueológica de cuatro sitios en el bajo de Rincón Chico». En: Tarragó, M. N. y González, L. (eds.) *Estudios arqueológicos en Yocavil*. Buenos Aires: Asociación de Amigos del Museo Etnográfico, pp. 19-80.
- (2016): «Investigaciones arqueológicas en El Colorado, sur de Santa María, Catamarca, Argentina». *Revista Andes*, 27, pp. 1-28.
- POLIDORI, P., RENIERI, C., ANTONINI, M. *et al.* (2007): «Meat fatty acid composition of llama (*Lama glama*) reared in the Andean highlands». *Meat Science*, 75, pp. 356-358.
- RATTO, N. (2013): «A modo de introducción: la articulación de estudios arqueológicos, paleoambientales e históricos en el oeste tinogasteño (Catamarca)». En: Ratto N. (ed.) *Delineando prácticas de la gente del pasado: los procesos socio-históricos del oeste tinogasteño*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología, pp. 17-45.
- RATTO, N., BASILE, M., FEELY, A. *et al.* (2015): «La gente y sus prácticas en las tierras bajas y altas del oeste tinogasteño en los siglos I a XIII (Catamarca, Argentina)». En: Korstanje, M. A. *et al.* (eds.) *Crónicas materiales precolombinas. Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología, pp. 215-245.
- RATTO, N., BASILE, M., FEELY, A. *et al.* (2021): «Estrategia para el estudio de las prácticas alfareras de la región de Fiambalá (Catamarca, Argentina)». *Boletín de la Sociedad Chilena de Arqueología*, Número Especial, pp. 173-196.

- REGERT, M. (2011): «Analytical strategies for discriminating archeological fatty substances from animal origin». *Mass Spectrometry Reviews*, 30, pp. 177-220.
- RYAN, E., GALVIN, K., O'CONNOR, T. P. *et al.* (2007): «Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes». *Plant Foods for Human Nutrition*, 62, pp. 85-91.
- SALIU, F., MODUNGO, F., ORLANDI, M. *et al.* (2011): «HPLC-APCI-MS analysis of triacylglycerols (TAGs) in historical pharmaceutical ointments from the eighteenth century». *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 401, pp. 1785-1800.
- SCATTOLIN, M. C. (2015): «Formativo: el nombre y la cosa». En: Korstanje, M. A. *et al.* (eds.) *Crónicas Materiales Precolombinas. Arqueología de los Primeros Poblados del Noroeste Argentino*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología, pp. 34-48.
- SIANO, F., SCIAMMARO, L., VOLPE, M. G. *et al.* (2018): «Integrated analytical methods to characterize lipids from *Prosopis* spp. and *Ceratonia siliqua* seed germ flour». *Food Analytical Methods*, 11, pp. 3471-3480.
- TARRAGÓ, M. (2000): «Chacras y pukara. Desarrollos sociales tardíos». En: Tarragó, M. (ed.), *Nueva historia argentina, Tomo 1: Los pueblos originarios y la conquista*. Barcelona: Sudamericana, pp. 257-300.
- TUÑÓN-LÓPEZ J. A., BENEITO-CAMBRA, M., ROBLES-MOLINA, J. *et al.* (2017): «Multiclass profiling of lipids of archaeological interest by ultra-high pressure liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-high resolution mass spectrometry». *Microchemical Journal*, 132, pp. 49-58.
- WHELTON, H. L., HAMMANN, S., CRAMP, L. J. E. *et al.* (2021): «A call for caution in the analysis of lipids and other small biomolecules from archaeological contexts». *Journal of Archaeological Science*, 132, 105397.
- YOSHIDA, H., TOMIYAMA, Y. y MIZUSHINA, Y. (2005): «Characterization in the fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.)». *Journal of Food Lipids*, 12, pp. 169-180.