

# Análisis cualitativo y práctico de residuos químicos como indicador en la preparación y consumo de alimentos en el sur de América Central: aportes desde la arqueología experimental

Yajaira Núñez-Cortés 

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Investigaciones Antropológicas (IIA), Ciudad de México, México  
[yahanc@gmail.com](mailto:yahanc@gmail.com)

**Resumen:** Experimentos controlados de enriquecimiento aportan a la interpretación del registro arqueológico en la medida en que amplían el conocimiento sobre las huellas químicas dejadas por sustancias específicas. En este trabajo se presentan los resultados de la experimentación practicada con alimentos reportados arqueológicamente en el sur de América Central para enriquecer cerámica moderna, a la cual se le aplican pruebas de fosfatos, carbonatos, potencial de hidrógeno (pH), carbohidratos, residuos proteicos y ácidos grasos. Los grupos experimentales incluyeron: 1) el enriquecimiento por vertido durante cuatro semanas con caldos de pescado, almejas, frijoles, yuca, pejibaye y chicha de maíz; y 2) enriquecimiento diferencial por hervido de pescado, almejas, yuca y frijoles, tueste de maíz y cacao, y fermentación de maíz. Los resultados muestran diferenciaciones entre las sustancias utilizadas y los tipos de experimentos, los cuales se verán posteriormente afectados por procesos posdepcionales.

**Palabras clave:** residuos químicos; alimentos; arqueología experimental; recipientes cerámicos; sur de América Central.

## Qualitative and practical analysis of chemical residues as an indicator in the preparation and consumption of food in southern Central America: contributions from experimental archeology

**Abstract:** Controlled enrichment experiments contribute to the interpretation of the archaeological record to the extent that they expand the knowledge about the chemical footprints left by specific substances. In this paper I present the results of experimentation with foods reported archaeologically in southern Central America to enrich modern ceramics, to which I tested for phosphates, carbonates, hydrogen potential

Cuadernos de Antropología

Enero-Junio 2022, 32(1)

DOI: 10.15517/cat.v32i1.48441

Recibido: 23-09-2021 / Aceptado: 21-02-2022

Revista del Laboratorio de Etnología María Eugenia Bozzoli Vargas

Centro de Investigaciones Antropológicas (CIAN), Universidad de Costa Rica (UCR)

ISSN 2215-356X



Cuadernos de Antropología está bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0



(pH), carbohydrates, protein residues and fatty acids. The experimental groups involved: 1) enrichment by pouring broths of fish, clams, beans, manioc, peach palm and corn chicha for four weeks, and 2) differential enrichment by boiling fish, clams, manioc and beans, roasting corn and cocoa, and corn fermentation to produce chicha. The results indicate differentiations between the substances used and the types of experiments, which will be affected by post-depositional processes.

**Keywords:** chemical residues; food; experimental archeology; ceramic vessels; southern Central America.

## Introducción

El análisis de residuos en recipientes cerámicos es una metodología que ha tenido importantes desarrollos en las últimas décadas. Mediante su aplicación se ha logrado determinar los alimentos que se preparaban (Pecci, Ortiz y Barba, 2017; Salque et al., 2013), conservaban, servían (Barba, 2009; Hurst, Tarka, Powis, Valdez y Hester, 2002; Pecci, 2009), cocinaban (Charters, Evershed, Goad, Leyden, Blinkhorn y Denham, 1993; Evershed, 2008a; Reber y Kerr, 2012) y transportaban (Condamín, Formenti, Metais, Michel y Blond, 1976; Pecci, 2009). Los residuos químicos en materiales porosos como la cerámica, los pisos de estuco, arcilla, o inclusive en pisos de tierra, se consideran marcadores de actividades antrópicas. Los patrones de enriquecimiento (presencia de sustancias adicionadas) observados por medio de las huellas químicas reflejan la actividad humana que los produjo (Pecci, 2021; Rondelli et al., 2014).

En el caso de los análisis de residuos químicos en las vasijas cerámicas, se parte del principio de que estos recipientes se limpiaron de residuos orgánicos al ser expuestos a altas temperaturas durante el quemado asociado al proceso de manufactura (Evershed, 2008a; Reber, Kerr, Whelton, y Evershed, 2019). De esta manera, los residuos presentes en la cerámica reflejan el enriquecimiento por uso y no por manufactura<sup>1</sup>. El uso repetitivo de las vasijas con sustancias específicas, especialmente líquidos o semilíquidos, conllevan a una saturación de los poros propios de la cerámica, lo que permite que las sustancias se almacenen por largo tiempo, inclusive luego de procesos posdeposicionales (e.g. Reber y Kerr, 2012). Por tanto, es posible su identificación mediante técnicas arqueométricas (Barba, 2009; Pecci, 2021; Pecci et al., 2017).

Las pruebas experimentales consisten en recreaciones de procesos, donde se controlan las causas de determinados eventos para obtener efectos bajo parámetros específicos (Pecci, 2003; Reber y Kerr, 2012; Schiffer, Skibo, Boelke, Neupert y Aronson, 1994). El presente trabajo tiene como objetivo identificar la huella química dejada por sustancias derivadas de productos alimenticios que formaron parte de las dietas de los habitantes antiguos del sur de América Central: moluscos, pescado, pejibaye (*Bactris gasipaes*), frijoles (*Phaseolus vulgaris*), yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*) y cacao (*Theobroma cacao*) (Blanco

---

<sup>1</sup> En algunos casos se ha determinado que la alta presencia de carbonatos está relacionada con fuentes de materias primas (Obregón, Hernández y Barba, 2019). Este estudio también presenta un caso en que ollas modernas se encuentran enriquecidas por carbonatos y fosfatos, como parte del proceso de manufactura. En cuanto a lípidos, Reber et al. (2019) demuestran que el cocido de las piezas elimina las grasas presentes en las arcillas, pero lípidos pueden ser agregados en el proceso de la pirolisis de la madera. Este último parámetro aparece de manera variable en los diferentes experimentos realizados por Reber et al. (2019).

y Mora, 1995; Corrales y Mora, 1990; Dickau, 2010; Gutiérrez, 1998; Herrera y Solís, 2011; Quintanilla, 1992; Steinbrenner, 2006)

De esta manera, se presentan los resultados para dos grupos experimentales: 1) pruebas de vertido de sustancias, y 2) pruebas mediante hervido de alimentos y tostado de semillas. El primer grupo experimental permite establecer patrones de enriquecimiento químico que hacen referencias a actividades de servicio y contenido de alimentos sin presencia de calor. El segundo grupo genera datos relacionados con actividades de cocción de alimentos en medios líquidos y secos. El fin último de estas pruebas es ofrecer referencias experimentales para la interpretación de residuos en cerámica arqueológicas.

## La arqueología experimental y la alimentación

La arqueología experimental es una herramienta valiosa para la interpretación de los datos arqueológicos, aplicada a una gran variedad de fenómenos sociales. Tuvo su apogeo a partir del desarrollo de la Nueva Arqueología y la utilización de analogías para realizar inferencias sobre el pasado (Ascher, 1961; Binford, 2002; Schiffer et al., 1994). En la actualidad y gracias al desarrollo de nueva tecnologías y métodos analíticos, la arqueología experimental brinda datos cada vez más minuciosos para aproximarse a comportamientos de las sociedades prehispánicas por medio de los restos materiales.

Las contribuciones de la arqueología experimental al campo de la alimentación incluyen la identificación de residuos químicos producto de la utilización de recipientes cerámicos y espacios de cocción y preparación de alimentos (Barba, Ortiz y Pecci, 2014; Evershed, 2008a; Hammann y Cramp, 2018; Pecci et al., 2017; Pecci, Giorgi, Salvini y Ontiveros, 2013), las huellas de uso derivadas de la cocción y procesamiento de alimentos (Chantran y Cagnato, 2021; Forte, Cesaro y Medeghini, 2018; Schiffer et al., 1994), y las modificaciones de micro restos a partir del procesamiento de recursos alimenticios (Chantran y Cagnato, 2021; Henry, Hudson y Piperno, 2009; Johnson y Marston, 2020; Pagán Jiménez, Guachamín-Tello, Romero-Bastidas y Vásquez-Ponce, 2017; Wang et al., 2017).

La experimentación controlada con sustancias específicas permite generar una huella química para su identificación (Evershed, 2008b; Pecci, 2003). Sin embargo, es necesario tener presente que el registro arqueológico no necesariamente se comporta de esa manera controlada. Dos factores que pueden incidir en el tipo de residuos presentes en las cerámicas arqueológicas son: 1) las vasijas pudieron haber sido utilizadas para el consumo y procesamiento de múltiples sustancias a lo largo de su vida útil (Roffet-Salque et al., 2017); y 2) se pudieron generar mezclas de una variedad de alimentos dependiendo de las recetas empleadas en el pasado (Barba et al., 2014; Kooiman, Albert y Malainey, 2021; Miller et al., 2020). Además, no se conocen variables como el tiempo y la cantidad de sustancias involucradas en procesos de cocción y servicio de alimentos. De ahí surge la necesidad de incrementar la experimentación con tantas sustancias y mezclas como sea posible, así como de integrar estos análisis con técnicas más específicas. Estudios previos han demostrado que la complementariedad de técnicas permite solventar limitaciones particulares de cada análisis (e.g. Kooiman et al., 2021).

## Materiales y métodos

### Materiales

Para las pruebas de vertido se utilizaron seis bloques o tabletas de cerámica moderna fabricadas por la artesana Maribel Sánchez Grijalba de San Vicente de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Las tabletas fueron hechas con arcillas y arenas locales y siguiendo las técnicas de producción alfarera que han persistido en la zona (Camacho, 2015; Herrera y Weil 2021; Weil y Herrera, 2014). No se adicionaron engobes y los acabados consistieron en alisados realizados con una piedra pulidora. Una vez preparadas las tabletas se dejaron en proceso de secado, posterior al cual se realizó la cocción en un horno cerrado en forma de colmena. Este tipo de hornos pueden alcanzar una temperatura de 600 °C (Herrera y Weil 2021).

Las pruebas de hervido y tostado se realizaron con cinco ollas y dos cazuelas modernas hechas por la artesana Florencia Cortés, de los Reyes Metzontla en Puebla, México. Las vasijas se fabricaron con materias primas locales y naturales (Sánchez, 2006), sin aplicaciones de cera para sellar las superficies, como comúnmente se realiza en esta zona. El acabado de superficie fue bruñido, observándose las marcas de la herramienta con la que fueron pulidas las caras internas y externas. Las vasijas se cuecen en un horno de tiro directo, que puede alcanzar hasta 800 °C (de la Vega y Hernández, 2006)

Las comunidades de San Vicente y Los Reyes Metzontla fueron elegidas para obtener ejemplares para este estudio por su larga tradición alfarera y especialmente por la utilización de arcillas y arenas locales. No se puede afirmar que estas vasijas reproducen las mismas que fueron empleadas en el pasado, sobretodo en lo correspondiente a los procesos de cocción de estas, pero es posible que las fuentes de materias primas fuesen empleadas en tiempos precolombinos (Castellón, 2006; Weil y Herrera, 2014). Como ha sido notado por las personas revisoras de este artículo, el control sobre las distintas variables de producción puede conllevar a una mejor interpretación de uso y enriquecimiento de los recipientes mediante experimentación, especialmente en los casos en que se comparan con cerámicas arqueológicas específicas.

### Selección de sustancias

Como se mencionó anteriormente, las sustancias para enriquecimiento fueron seleccionadas a partir de la evidencia zooarqueológica, macro y microbotánica encontrada en sitios arqueológicos del sur de América Central. Los experimentos presentados en este trabajo permiten determinar patrones de enriquecimiento químico para sustancias que hasta el momento no contaban con referentes experimentales, lo cual representa un importante aporte para el estudio de residuos químicos en cerámicas arqueológicas.

El consumo de moluscos se ha documentado ampliamente en sitios costeros (e.g. Cooke y Martin Rincón, 2010; Herrera y Solís, 2011; Quintanilla, 1992; Sáenz Ulate, 2014). Herrera y Solís (2011) proponen que estos moluscos pudiesen haber sido cocinados mediante sancocho, dado que ambas valvas de un mismo individuo se encuentran en proximidad y sin señales de haber sido fracturadas. Por esta razón, el experimento de enriquecimiento con caldo de moluscos implicó el hervido del bivalvo completo.

La evidencia arqueozoológica para el consumo de pescado también es abundante en sitios costeros y aquellos que cuentan con condiciones apropiadas para la conservación de estos restos (e.g. Cooke y Martín Rincón, 2010; Gutiérrez, 1998; Jiménez y Cooke, 2001; Monge, 2014). Las fuentes etnohistóricas hacen mención del intercambio de pescado curado, seco y salado (Cooke y Sánchez, 2001; Ibarra, 2020), lo cual también se ha documentado arqueológicamente (Carvajal, 2010). El hervido de pescado conlleva a la descalcificación de los restos óseos, lo que afecta su preservación en el registro arqueológico (Monge, 2014; S. Monge, comunicación personal 2021). En este experimento se implementa la técnica de hervido para enriquecer la cerámica con el líquido producto de este proceso.

El uso de frijoles como parte de la subsistencia de pueblos antiguos en el sur de América Central ha sido evidenciado a través de restos macro y micro botánicos, incluyendo cotiledones y gránulos de almidón (Blanco, 2002; Blanco y Mora, 1995; Dickau, 2010; Quesada, 2018). La yuca y el maíz son dos carbohidratos que tuvieron preponderancia en la dieta de las poblaciones prehispánicas del sur de América Central. Restos microbotánicos de yuca y de maíz se han documentado por medio de polen, fitolitos y gránulos de almidón. También se ha registrado la presencia de olotes y granos de maíz (Blanco, 2002; Dickau, 2005, 2010; Messina, 2015; Quesada, 2018). La utilización de palmas como alimento, y especialmente el pejibaye, ha sido documentado a través de la identificación de endocarpios carbonizados (Corrales y Mora, 1990; Dickau, 2010).

El consumo de chicha de maíz es registrado en fuentes etnohistóricas, tanto para Panamá como para Costa Rica (Fernández de Oviedo, 1853). Además, varios autores han sugerido la importancia de esta bebida para muchas poblaciones antiguas de las Américas (Clark y Blake, 1994; Hoopes, 1996; Novillo y Esparza, 2017; Staller, 2021).

El cacao y las bebidas derivadas de este fueron muy importantes tanto para las sociedades mesoamericanas como las del sur de América Central (Hurst et al., 2002; Kaplan et al., 2017; Steinbrenner, 2006). Fernández de Oviedo (1851) hace mención del procesamiento y consumo de bebida de cacao en Nicaragua, Nicoya y la isla Chira, donde se secaban, tostaban y molían las semillas para hacer bebidas o aceite.

## Protocolos analíticos

Las pruebas analíticas o spot-test empleadas en este estudio fueron desarrolladas en el Laboratorio de Prospección Arqueológica de la Universidad Nacional Autónoma de México (Barba, Rodríguez y Córdoba, 1991). Se han utilizado tanto para la identificación de áreas de actividad en pisos prehispánicos como para el análisis de artefactos cerámicos (Barba, 2009; Barba et al., 2014; Barba y Ortíz, 1992; Obregón, Hernández y Barba, 2019; Pecci et al., 2017). Los protocolos para llevar a cabo las pruebas se detallan a continuación:

**Ácidos grasos:** la muestra junto con el cloroformo se calienta y reduce en volumen. Al colocarla sobre vidrios de reloj, se hace reaccionar con hidróxido de amonio y peróxido de hidrógeno. Si existen ácidos grasos se forma una espuma que se registra en una escala de 0-3 (Barba et al., 1991, 2014; Barba y Ortíz, 1992).

Carbohidratos: se agrega una solución de agua destilada con resorcinol a la muestra, lo cual reacciona al agregar ácido sulfúrico rápidamente en una escala colorimétrica que va del 0-4 (Barba et al., 2014; Terreros, 2013).

Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ): se hace reaccionar la muestra con ácido clorhídrico y se cuantifica de acuerdo con la intensidad de la efervescencia (visual/audible) en una escala del 0-6 (Barba, 2007; Barba y Córdova, 1988; Barba y Ortiz, 1992).

Fosfatos ( $\text{PO}_4$ ): sobre papel filtro se hace reaccionar la muestra con una solución de molibdato de amonio y ácido clorhídrico seguido por ácido ascórbico. Estos reactivos extraen y colorean los fosfatos que se ordenan en una escala azul de 0-5 (Barba, 2007; Barba et al., 1991; Barba y Ortiz, 1992; Odegaard, Carroll y Zimmt, 2000).

Residuos proteicos: las muestras se calientan en un tubo de ensayo junto con agua destilada y óxido de calcio. El amoniaco generado colorea tiras húmedas de papel pH, cuyos valores mayores o iguales a 8 indican presencia de residuos proteicos (Barba et al., 1991, 2014; Odegaard et al., 2000).

Potencial de hidrógeno (pH): un pH-metro y un electrodo se utiliza para medir el nivel de pH de las muestras en agua destilada (Barba, 2007; Barba et al., 1991).

El costo y la metodología de los spot-test permite realizar análisis de residuos inorgánicos (fosfatos, carbonatos), orgánicos (carbohidratos, residuos proteicos y ácidos grasos) y de pH en una gran cantidad de muestras. La capacidad de analizar un amplio número de especímenes conlleva a la determinación de patrones y tendencias de enriquecimiento en recipientes cerámicos, para responder a preguntas de función con respecto a la forma, el tipo de pastas, la cronología, o los contextos arqueológicos a los que se asocian (Barba, 2009; Barba et al., 2014; Obregón et al., 2019; Terreros, 2013). Asimismo, los análisis de residuos químicos posibilitan realizar una selección confiable de muestras para ser analizadas por técnicas más específicas, tal como la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas o el análisis de gránulos de almidón (Acosta, Pérez y Jiménez, 2020; Barba, 2007; Kaplan et al., 2017).

La utilización de escalas de abundancia relativa se ha contemplado como una limitante de esta técnica, dado que no permite obtener concentraciones cuantificables de residuos orgánicos e inorgánicos. Otra limitante es que presenta poca especificidad en la identificación, de manera que los resultados corresponden con compuestos que pueden ser encontrados en una amplia gama de alimentos (Kooiman et al., 2021). Sin embargo, trabajos previos han demostrado el valor de detectar estas tendencias en residuos químicos para identificar sustancias específicas por otros métodos, los que a la vez validan los resultados de los análisis de residuos químicos (e.g. Kaplan et al. 2017; Obregón y Barba, 2020).

## Análisis experimentales

Como se ha mencionado, este estudio incluye dos tipos de pruebas: 1) enriquecimientos por derrame o vertido, y 2) enriquecimiento por cocción o preparación. El primer grupo de pruebas permite determinar el enriquecimiento paulatino por el uso repetido de una vasija sin calentamiento (e.g. Barba et al., 2014;

Pecci, 2003), y el segundo grupo permite determinar el enriquecimiento con mayor temperatura, así como el diferencial en las partes que componen las vasijas. (e.g. Evershed 2008a; Charters et al., 1993)

Las tabletas modernas fabricadas en San Vicente se enriquecieron por derrame con caldos de pescado, moluscos, yuca, pejibaye, frijol y chicha de maíz (detalles en Cuadro 1). Previo a la adición de sustancias se realizó el análisis de tres tabletas en blanco para obtener la línea base a partir de la cual se da el enriquecimiento químico (Cuadro 2). El experimento fue realizado en un lapso de cuatro semanas durante las cuales se vertieron 5 ml de la sustancia dos veces al día, para un total de 10 ml por día (siguiendo la metodología de Pecci, 2003). Al finalizar cada semana se desprendía un fragmento del bloque con el propósito de determinar el enriquecimiento a lo largo del tiempo. Fragmentos con el enriquecimiento final fueron enterrados por un lapso de seis meses, después de los cuales fueron analizados nuevamente con el fin de identificar afectaciones en el enriquecimiento producto de procesos posdeposicionales que podrían aproximarse mejor a procesos diagenéticos ocurridos con materiales arqueológicos (Heron, Evershed y Goad, 1991).

El segundo grupo experimental se realizó con cinco ollas y dos cazuelas de los Reyes Metzontla. En estas pruebas se realizó hervido de frijoles, yuca, pescado y almejas, el tueste de cacao y maíz, y la fermentación de chicha de maíz. Para establecer la línea base de enriquecimiento se realizaron pruebas de 11 muestras provenientes de dos ollas (tomadas de borde, cuello, cuerpo y fondo) y una cazuela (tomadas borde, cuerpo y fondo) sin enriquecer (Cuadro 2).

Para todos los experimentos que involucraban el uso de calor se realizaron cuatro repeticiones de cocción, anotando las huellas de uso visibles en las superficies internas y externas de los recipientes (material complementario). El hervido de caldos se realizó sobre la llama alta y el tueste de semillas sobre llama baja<sup>2</sup> de una estufa de gas. La preparación de la chicha de maíz conllevó la germinación, molido, hervido, y mascado del maíz (Figura 1). La sustancia resultada de este proceso estuvo en contacto permanente con la vasija durante los siete días que tardó el proceso de fermentación<sup>3</sup> (Cuadro 3).

El enriquecimiento mediante cocción permite determinar cuáles partes de la vasija (borde, cuello, cuerpo y fondo/base) presentan mayor proporción relativa de residuos químicos producto de la actividad. Estudios experimentales y arqueológicos previos han demostrado un depósito diferencial de residuos químicos (Barba, 2009; Charters et al., 1993; Evershed, 2008a). Al igual que en el caso de tabletas, las muestras enriquecidas por estos experimentos fueron enterradas por un lapso de seis meses para luego ser analizadas nuevamente y comprobar el efecto de los procesos posdeposicionales en el enriquecimiento alcanzado.

---

<sup>2</sup>La aplicación de una llama alta en el tostado lleva a una carbonización muy rápida de las semillas. La llama baja permite realizar el tueste por más tiempo sin que se carbonicen las muestras.

<sup>3</sup>El procedimiento para realizar la chicha experimental se basó en las observaciones realizadas por Fernández de Oviedo (1853) y por Stone (2013) sobre la preparación de chicha maíz entre los Cueva de Panamá y los Boruca de Costa Rica, respectivamente.

**Cuadro 1.** Preparación de sustancias para enriquecimiento por derrame.

Sustancia	Preparación
Caldo de moluscos	1000 de almejas hervidas en 1 litro de agua por 1 hora
Caldo de pescado	300 g de pescado hervido en 1 litro de agua por 1 hora
Caldo de frijoles	500 g de frijoles secos hervidos en 2 litros de agua por 2 horas
Caldo de yuca	750 g de yuca hervida en 1250 mililitros de agua por 2 horas
Caldo de pejibaye	1500 g de pejibaye en 2 litros de agua durante 7 horas de cocción lenta
Chicha de maíz	1 litro de chicha fermentando por 7 días (detalles abajo)

## Resultados

### Enriquecimiento por uso repetido: prueba por vertido

Las pruebas de vertido generaron enriquecimientos que incrementaron paulatinamente en todos los experimentos (Cuadro 4, Figura 2). Ninguno de los experimentos presentó enriquecimiento de carbonatos ni ácidos grasos<sup>4</sup>. Las limitadas variaciones observadas en el pH en todos los casos podrían estar dando cuenta del margen de error del instrumento de medición, por lo que no se puede afirmar que estas sean significativas. Por estas razones, se hace énfasis en las variaciones para fosfatos, residuos proteicos y carbohidratos.

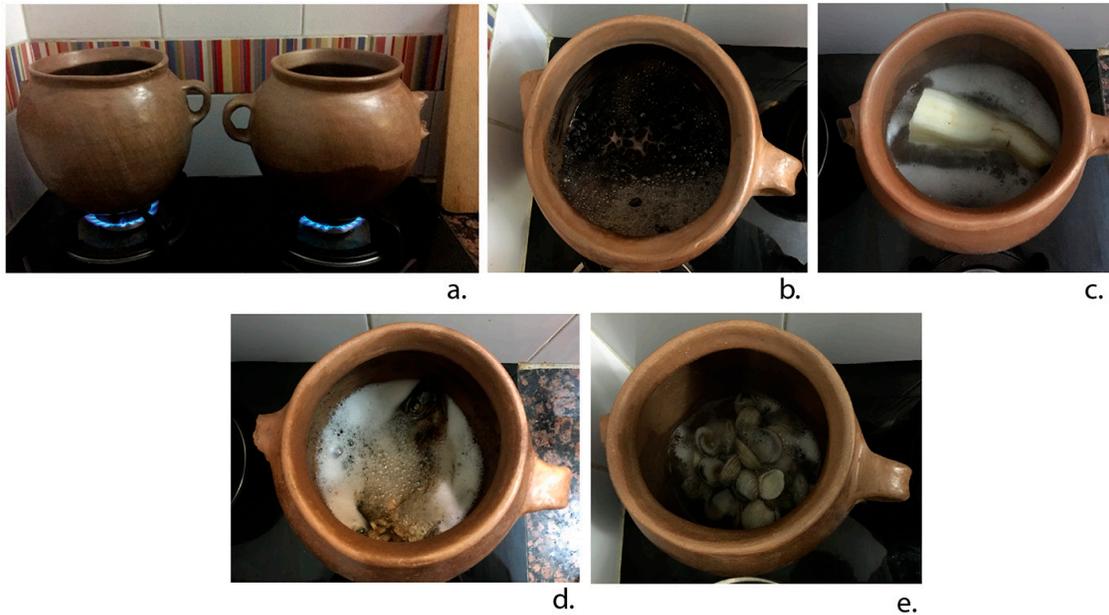
Para todas las sustancias se observa un incremento continuo en la abundancia de fosfatos, carbohidratos y residuos proteicos a lo largo de las cuatro semanas de vertido. Las tabletas que contenían caldo de frijol y de pescado alcanzaron los niveles más altos de fosfatos durante las últimas dos semanas, seguidos por el caldo de pejibaye y de almejas, mientras que en el caso de la chicha no se identificó ningún incremento.

4 Se esperaba encontrar residuos de carbonatos como parte del hervido de la concha (compuesta por carbonato de calcio) junto con el molusco; sin embargo, las pruebas químicas no detectaron la presencia de carbonatos para este experimento. Se esperaba identificar ácidos grasos producto de del hervido de pescado, pues en la olla se observan depósitos de grasa, sin embargo, estos no fueron perceptibles con las pruebas aplicadas. El pescado utilizado para estos experimentos fue mojarra. No se puede descartar la posibilidad de que otros pescados con mayor contenido de grasas presenten resultados de enriquecimiento para ácidos grasos.

**Cuadro 2.** Valores promedio y desviaciones estándar de recipientes sin enriquecimiento.

Centro de producción	Recipiente	pH	Carb.	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Res. Prot.	Ácidos grasos	PO <sub>4</sub> <sup>3</sup>
San Vicente, Guanacaste, Costa Rica	Tableta (n=3)	8,5 ± 0,23	1 ± 0	0 ± 0	6,2 ± 0,29	0 ± 0	2 ± 0
	Olla 1 (n=4)	8,0 ± 0,22	1 ± 0	2 ± 0	7 ± 0	0 ± 0	2,5 ± 0,58
Los Reyes Metzontla, Puebla, México	Olla 2 (n=4)	9,4 ± 0,68	1 ± 0	2 ± 0	6,3 ± 0,5	0 ± 0	5 ± 0
	Cazuela (n=3)	9,7 ± 0,08	1 ± 0	2 ± 0	7,3 ± 0,58	0 ± 0	5 ± 0
	Total (n=11)	9,0 ± 0,86	1 ± 0	2 ± 0	6,8 ± 0,6	0 ± 0	4,1 ± 1,3

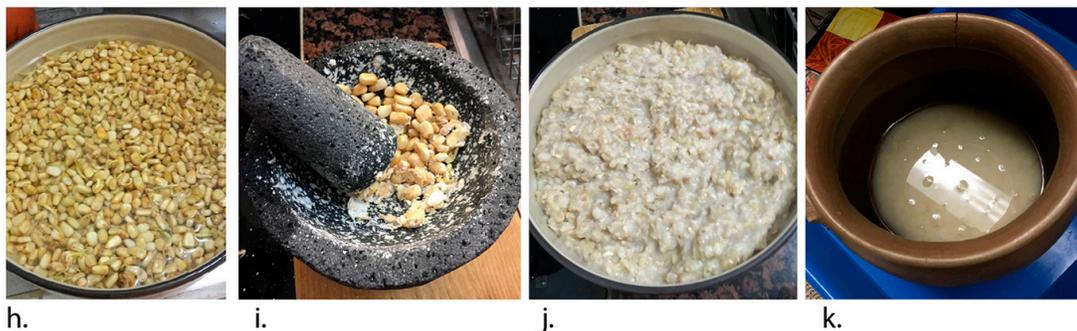
## Cocción de caldos



## Tueste de semillas



## Preparación de chicha de maíz



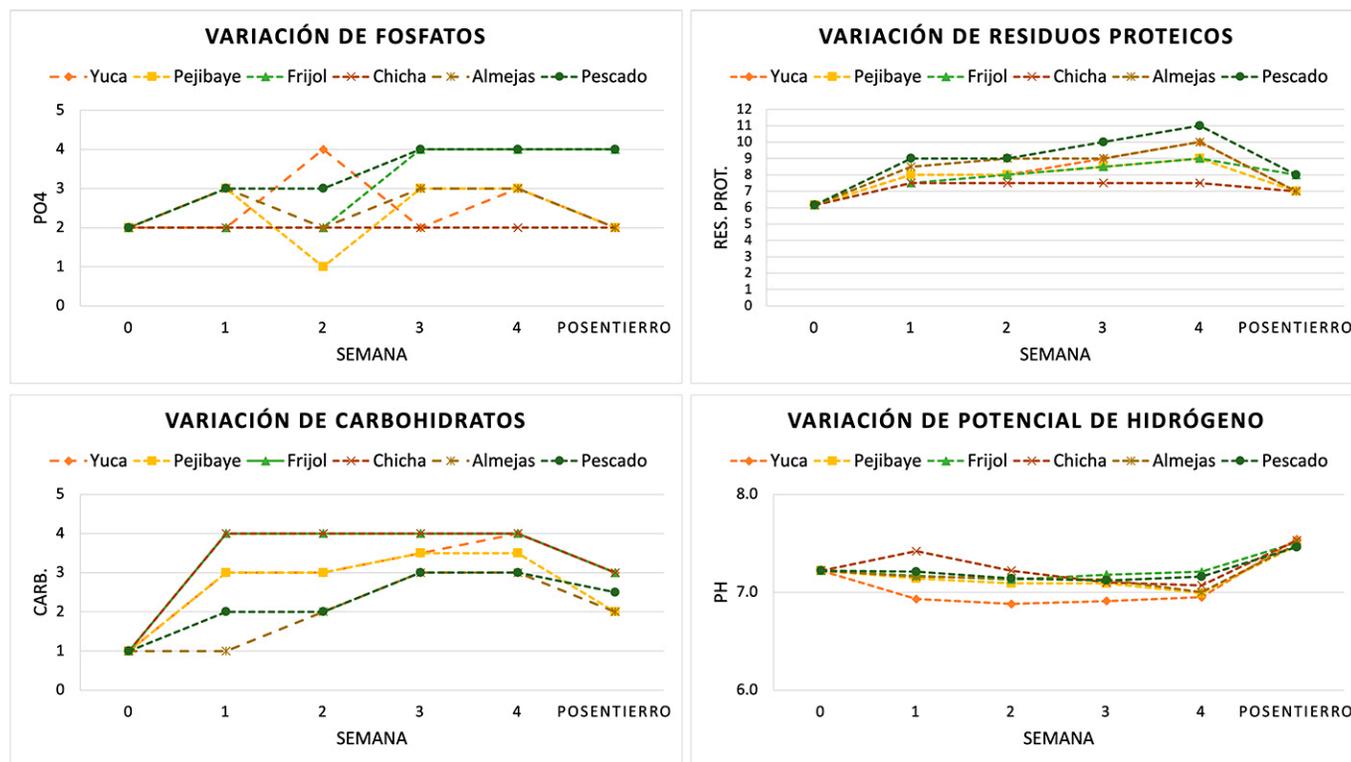
**Figura 1:** Enriquecimiento de recipientes mediante cocción y preparación: a. cocción sobre llama alta; b. cocción de frijoles; c. cocción de yuca; d. cocción de pescado; e. cocción de almejas; f. tueste de cacao; g. tueste de maíz; h. germinación de maíz; i. molido de maíz germinado; j. maíz hervido; k. fermentación de la chicha.

**Cuadro 3:** Detalle de experimentos por cocción o preparación de alimentos en ollas y cazuelas.

Experimento	Sustancia	Tiempo	Repetición
Hervido de moluscos	≈300 g de almejas x 1 l de agua	2 horas	4 veces
Hervido de pescado	≈300 g de pescado x 1 l de agua	2 horas	4 veces
Hervido de frijoles	250 g de frijoles x 1 l de agua	2 horas	4 veces
Hervido de yuca	≈250 g de yuca x 1 l de agua	2 horas	4 veces
Tostado de maíz	100 g de granos de maíz	30 minutos	4 veces
Tostado de cacao	100 g de semilla de cacao	30 minutos	4 veces
Fermentación de chicha de maíz	1 l de chicha	7 días	1 vez

**Cuadro 4:** Estadísticas generales de residuos químicos en tabletas enriquecidas pre y posentierro.

Prueba	Estadística	Sustancia					
		Yuca (n=5)	Pejibaye (n=5)	Frijol (n=5)	Chicha (n=5)	Almejas (n=5)	Pescado (n=5)
PO <sub>4</sub> <sup>3</sup>	Promedio	2,6	2,4	3,4	2,0	2,6	3,8
	Desviación estándar	0,89	0,89	1,34	0,00	0,55	0,84
	Máximo	4	3	2	2	3	5
	Mínimo	2	1	5	2	2	2
Carb.	Promedio	3,3	3,0	3,8	3,8	2,2	2,5
	Desviación estándar	0,45	0,61	0,45	0,45	0,84	0,50
	Máximo	4	3,5	4	4	3	3,5
	Mínimo	3	2	3	3	2	2
Res. Prot.	Promedio	8,4	8,1	8,2	7,4	8,7	9,4
	Desviación estándar	1,14	0,74	0,57	0,22	1,10	1,14
	Máximo	10	9	9	8	10	11
	Mínimo	7,5	8,5	7,5	7,5	7	8
pH	Promedio	7,0	7,2	7,2	7,3	7,2	7,2
	Desviación estándar	0,28	0,19	0,15	0,20	0,18	0,14
	Máximo	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
	Mínimo	6,9	7	7,1	7,1	7	7,1

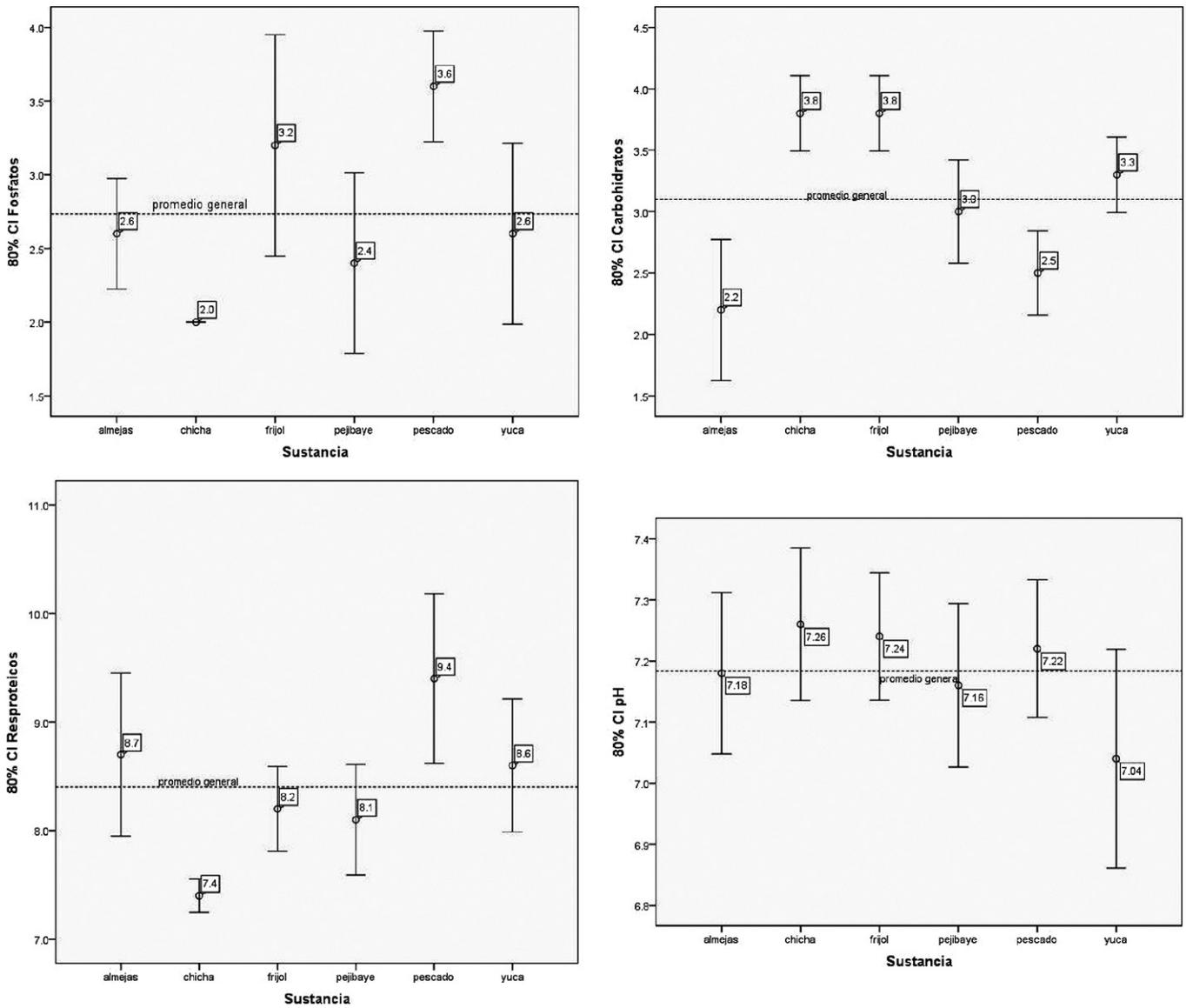


**Figura 2:** Gráfica de variación de indicadores químicos en todos los bloques enriquecidos.

El aumento en residuos proteicos se comportó de manera esperable, con el caldo de pescado y de almejas, presentando un alto valor para proteínas durante la última semana. Los caldos de yuca, pejibaye y frijol también presentaron concentraciones significativas, mientras que en la chicha no se determinó la presencia de residuos proteicos.

Los carbohidratos, también de manera esperable, presentaron altas concentraciones desde la primera semana de enriquecimiento en los bloques que contenían chicha de maíz y caldos de frijol, yuca y pejibaye. Sin embargo, en las dos últimas semanas también se nota un incremento de carbohidratos en el caldo de pescado y de almejas. Posterior al entierro, solamente en las tabletas con caldo de pescado y de frijol se mantienen los fosfatos sin alteración.

Al comparar todos los enriquecimientos en conjunto ( $n=30$ ) se destaca los altos valores promedio de fosfatos en el enriquecimiento con pescado en contraste a la yuca, el pejibaye y las almejas. La chicha y el frijol presentan los valores promedio más altos de carbohidratos con respecto al pejibaye, el pescado y las almejas. El pescado se destaca por presentar altos valores promedio de residuos proteicos en comparación con el pejibaye, el frijol y la chicha. Estos contrastes son estadísticamente significativos en el 80 % de confianza (Figura 3). Pruebas ANOVA indican diferencias estadísticamente significativas para los fosfatos ( $F=$



**Figura 3:** Intervalos de confianza para el promedio de fosfatos, carbohidratos, residuos de proteínas y pH en tabletas enriquecidas.

2,918;  $p= 0.0339$ ), carbohidratos ( $F=6,857$ ;  $p= 0,000421$ ) y residuos proteicos ( $F=3.209$ ;  $p=0,0233$ ). El pH no presenta diferencias estadísticamente significativas ( $F=0,837$ ;  $p= 0,536$ ).

Los valores promedio, especialmente en los casos de carbohidratos y residuos proteicos, reflejan las composiciones de los alimentos utilizados. Granos y tubérculos presentan valores promedio más altos de carbohidratos mientras que las carnes presentan los valores promedio más altos de residuos proteicos (Cuadro 4, Figura 3).

## Enriquecimiento diferencial: pruebas por hervido y tueste

Para el enriquecimiento diferencial se realizaron múltiples rondas de cocción, a partir de las cuales se detallan las modificaciones en las superficies internas y externas de las vasijas (Material complementario, Figura 4). Se incluyen dos experimentos en seco para identificar los patrones de enriquecimiento que podrían ocurrir sin líquido.

Los resultados de los análisis para establecer la línea base indican un enriquecimiento de carbonatos (valor de 2) y fosfatos (valores de 4 y 5) producto de la manufactura. El valor tan alto de fosfatos no permitió observar el enriquecimiento de estos como parte de los experimentos. Los ácidos grasos estuvieron ausentes en todas las pruebas, no se identifica un aumento en la presencia de carbonatos producto de la cocción de sustancias. Las lecturas de pH entre las partes de una misma vasija son poco significativas para las pruebas tanto anteriores como posteriores al entierro. En la mayoría de los casos, se observan disminuciones en el pH posterior al entierro, lo que sugiere afectaciones producto de los procesos posdeposicionales (Cuadro 5). Por esta razón, se hace énfasis en los resultados de residuos proteicos y carbohidratos para las ollas y cazuelas enriquecidas (Figura 5).

En lo que respecta al depósito de carbohidratos producto de los eventos de cocción se destaca un incremento notable en la olla utilizada para la fermentación de la chicha de maíz, con los valores máximos en el cuello, el cuerpo y el fondo de esta. Valores relativamente altos también se identificaron en el fondo de la olla utilizada para el hervido de yuca. Se reportan depósitos de carbohidratos de valor medio en el cuello y cuerpo de la olla con caldo de frijol y en el borde de la olla utilizada para el hervido de pescado. Para el resto de las sustancias no se destacan valores de carbohidratos en sectores específicos de las vasijas.

Los residuos proteicos presentaron valores por encima de 8 en pocas de las vasijas sometidas a procesos de cocción. Se destaca la sección del cuerpo en la olla utilizada para hervir almejas, el borde en la olla para frijoles, el fondo en la olla para pescado y el borde en la cazuela en que se tostó maíz.

Posterior a los seis meses de entierro, las diferencias notadas por los procesos de cocción disminuyen notablemente, de manera que no se observan tendencias claras ni en el caso de los carbohidratos ni en los residuos proteicos.

La comparación del conjunto de muestras previas y posteriores al entierro ( $n=52$ ) indica pocos contrastes en cuanto a residuos de proteínas. En el caso de los carbohidratos, destaca el recipiente enriquecido con chicha por sus altos valores promedio. En este mismo parámetro, se distinguen los recipientes en que se hirvió yuca y pescado, con respecto a en los que se tostó maíz y cacao. Estas diferencias se denotan en un 80 % de confianza estadística (Figura 6). Pruebas ANOVA no indican diferencias estadísticamente significativas en los carbohidratos ( $F=1,738$ ;  $p=0,148$ ) ni en los residuos proteicos ( $F=2,037$ ;  $p=0,0917$ ).

Las huellas de uso producto de los procesos de cocción indican diferencias de acuerdo con las sustancias. La olla utilizada para el hervido de almejas presenta coloraciones oscurecidas en las zonas inferiores y depósitos blancos al interior y el exterior. En el hervido de pescado sobresale el oscurecimiento en la parte superior de las superficies internas y externas. La cocción de frijoles y de yuca alteró poco las superficies internas y externas de las ollas, observándose depósitos de las sustancias en la superficie interna, de coloración opaca para los frijoles y brillante para la yuca. En la olla utilizada para la fermentación de chicha



**Figura 4:** Ollas enriquecidas con sustancias: a. caldo de almejas; b. caldo de pescado; c. caldo de frijol; d. caldo de yuca; e. chicha de maíz; f. tueste de maíz; g. tueste de cacao.

se observan un oscurecimiento de ambas superficies, pero esto no fue observado posterior al entierro. El elemento más informativo con los tuestes de semillas corresponde a fuertes ahumados en las superficies internas, que contrastan con ahumados bastante leves a exterior. Estos ahumados y carbonizaciones permanecieron posterior al entierro.

### Comparación de sustancias posentierro

Tomando en cuenta que los materiales arqueológicos que se analizan para identificar residuos pasan tanto por etapas de enriquecimiento como por procesos posdeposicionales, los indicadores químicos

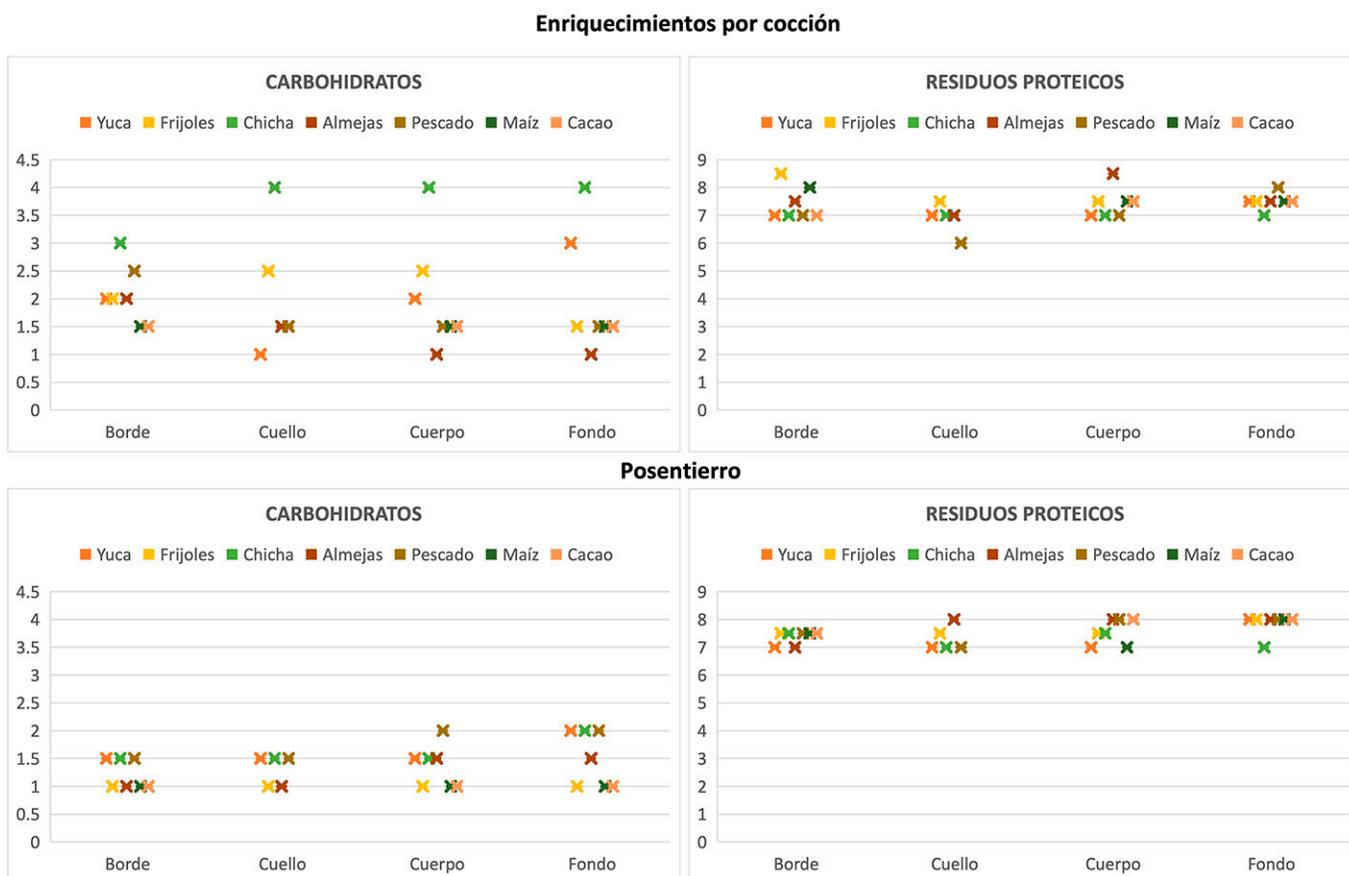
**Cuadro 5:** Estadísticas generales de residuos químicos en ollas y cazuelas enriquecidas pre y posentierro.

Prueba	Estadística	Sustancia						
		Hervido Yuca (n=8)	Hervido Frijol (n=8)	Chicha (n=8)	Hervido Almejas (n=8)	Hervido Pescado (n=8)	Tueste Maíz (n=6)	Tueste Cacao (n=6)
PO <sub>4</sub> <sup>3</sup>	Promedio	4,5	3,6	3,4	4,3	4,5	4,3	4,5
	Desviación estándar	0,53	1,41	0,62	1,04	0,53	0,52	0,55
	Máximo	5	5	4	5	5	5	5
	Mínimo	4	5	3	2	4	4	4
Carb.	Promedio	1,8	1,6	2,7	1,3	1,8	1,3	1,3
	Desviación estándar	0,59	0,68	1,19	0,37	0,38	0,27	0,27
	Máximo	3	2,5	4	2	2,5	1,5	1,5
	Mínimo	1	1	1,5	1	1,5	1	1
Res. Prot.	Promedio	7,2	7,7	7,4	7,7	7,3	7,6	7,6
	Desviación estándar	0,37	0,37	0,44	0,53	0,70	0,38	0,38
	Máximo	8	8	8	8,5	8	8	8
	Mínimo	7	7,5	7	7	7	7	7
pH	Promedio	9,4	8,6	7,6	9,1	9,3	8,7	8,7
	Desviación estándar	1,76	1,04	0,25	1,31	1,47	1,31	1,24
	Máximo	11,0	9,6	7,9	10,8	11,0	10	9,9
	Mínimo	7,7	7,6	7,3	7,9	7,9	7,5	7,6

presentes posteriores al entierro son los que presentan la información más pertinente para comparaciones arqueológicas. Los análisis previos permiten determinar la manera en se depositan y se degradan estos residuos.

Los datos derivados de los carbohidratos y residuos proteicos en solamente las muestras sometidas a entierro (n=33) indican las dificultades para diferenciar entre las sustancias empleadas. Un número mayor de muestras podría generar contrastes más significativos. En cuanto a los carbohidratos, se debe resaltar que las cazuelas utilizadas para tostado no presentaron ningún enriquecimiento; en contraste, sí se presenta con casi todas las sustancias hervidas y vertidas, a excepción de los frijoles.

Para el caso de los residuos proteicos se destacan los enriquecimientos con frijol, que tiene valores promedio más altos que los enriquecimientos con almejas, pejibaye y el cacao tostado. Las vasijas utilizadas para tostar maíz y para fermentar chicha también presentaron altos valores de residuos de proteínas, sin embargo, estos no fueron detectados en las pruebas realizadas antes del entierro, lo que sugiere transformaciones ocurridas a estas vasijas durante el entierro, las cuales permitieron detectar residuos proteicos asociados a maíz. Estas distinciones se realizan con el 80 % de confianza estadística (Figura 7). Pruebas ANOVA para carbohidratos (F=2,037; p=0,0917) y residuos proteicos (F=1,738 p=0,148) indican la ausencia de diferencias significativas en estas muestras.



**Figura 5:** Gráfica de variación en carbohidratos y residuos proteicos de ollas y cazuelas sometidas a procesos de cocción.

## Discusión y conclusiones

En este artículo se presentan resultados de pruebas experimentales para el enriquecimiento de recipientes cerámicos, producto del procesamiento y cocción de alimentos. Este tipo de experimentos controlados son una herramienta para tener una mejor comprensión de los procesos de absorción de residuos, que permitan afinar las inferencias del registro arqueológico. Los resultados de estas pruebas evidencian que durante el uso de las vasijas cerámicas se produce un enriquecimiento químico que es detectable incluso después de procesos posdeposicionales, lo que valida la implementación de la técnica para casos arqueológicos.

Las pruebas de enriquecimiento por derrame indican que las sustancias de moluscos, pescado, frijol, yuca y pejbaye aumentan paulatinamente los valores de fosfatos, carbohidratos y residuos proteicos. Posterior al enriquecimiento, estas sustancias son claramente distinguibles, pero los procesos posdeposicionales las degradan y en algunos casos dificultan su diferenciación.

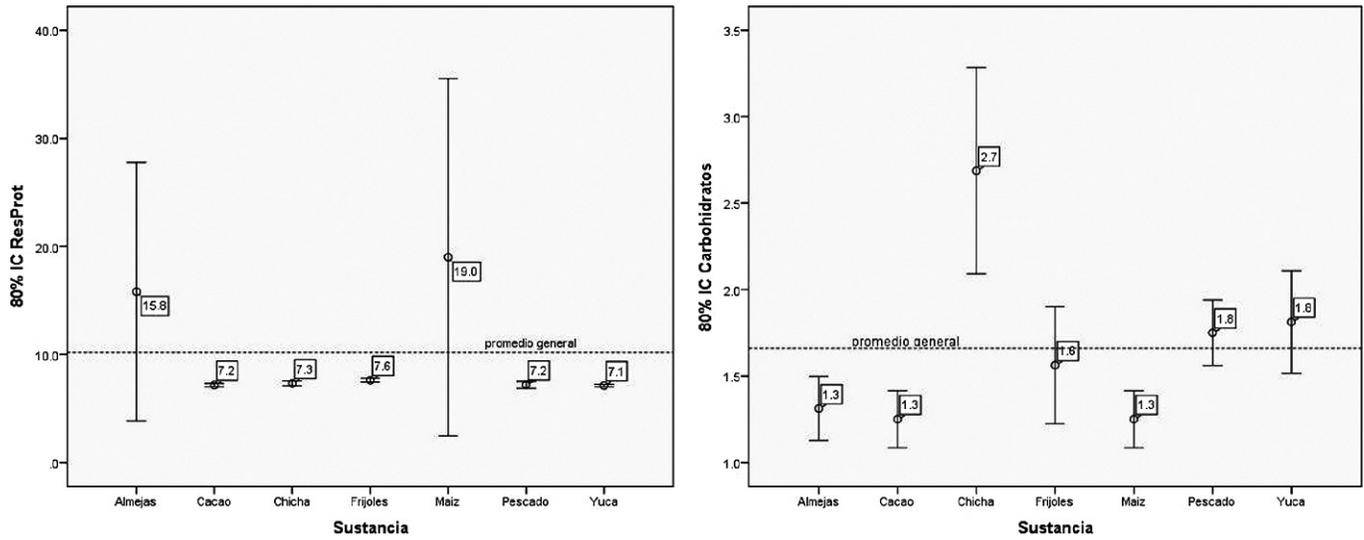


Figura 6: Intervalos de confianza para el promedio de carbohidratos y residuos de proteínas en ollas y cazuelas enriquecias.

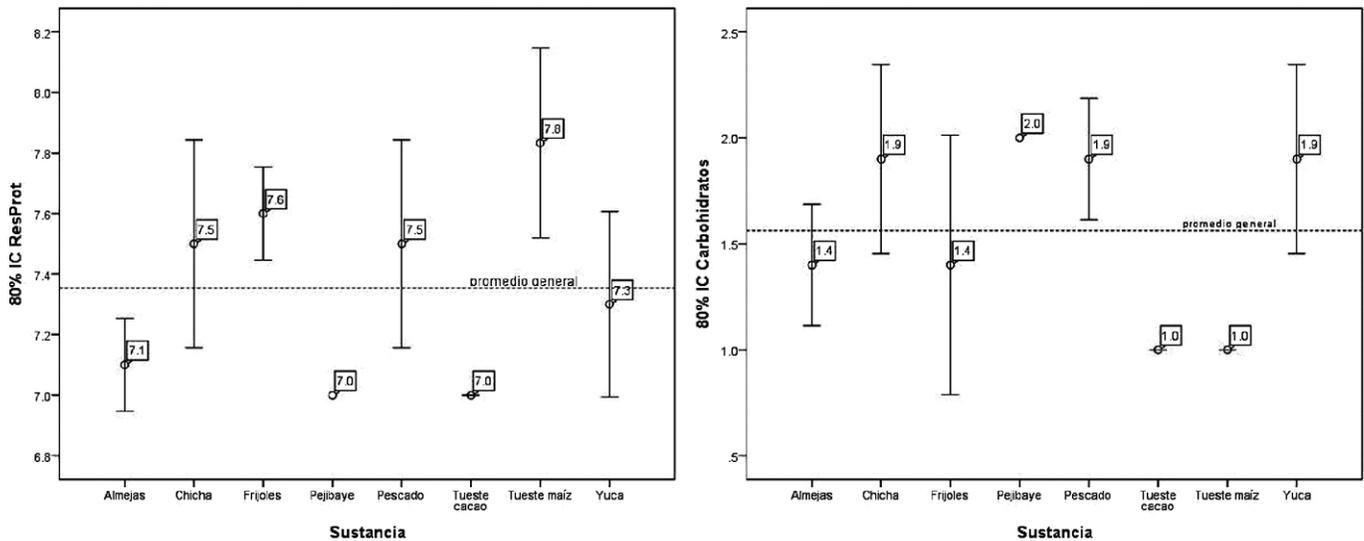


Figura 7: Intervalos de confianza para el promedio de residuos proteicos y carbohidratos de acuerdo con la sustancia empleada en el enriquecimiento.

Los datos derivados del enriquecimiento diferencial de vasijas proporcionan información valiosa para la selección de muestras arqueológicas para análisis y para la interpretación de resultados a partir de colecciones fragmentarias. En únicamente dos de los seis experimentos con aplicación de calor se observan enriquecimientos en el fondo de la olla; estos son los casos del pescado y la yuca. Al finalizar las cuatro repeticiones de cocción se observaron residuos de los alimentos adheridos a la superficie interna del fondo, lo que sin duda conllevó al incremento de la huella química. Sin embargo, en el resto de los casos, los residuos se detectaron especialmente en las partes medias y superiores de las vasijas, producto de la ebullición y contacto con el calor. Esta diferenciación de enriquecimiento no se presentó en el experimento de la chicha, en la cual no hubo contacto con el fuego. Posterior al enterramiento la deposición diferencial no fue tan clara, pero los valores más altos de residuos proteicos y carbohidratos se reportan en los cuerpos y fondos de las vasijas.

Estudios arqueológicos y experimentales apoyan la variabilidad de enriquecimiento que puede presentarse en una misma vasija. Charters et al. (1993) ha demostrado en un conjunto de vasijas medievales tempranas que la concentración de lípidos se acumula en partes superiores de ollas, mientras que en escudillas y vasijas cilíndricas tipo “sombbrero de copa” se acumula en la base. La acumulación de lípidos en las secciones superiores de ollas también fue comprobada mediante experimento por Evershed (2008a), quien realizó hervidos y rostizados de carne de cordero y hervido de hojas de Brassica, cuyos residuos grasos se concentraron en las partes superiores de las vasijas. A diferencia de las grasas reportadas en estos estudios, los análisis experimentales del presente trabajo indican una deposición diferencial de carbohidratos y residuos proteicos en las ollas y cazuelas. Esta diferencia podría dar cuenta de las cualidades de las sustancias que se cocinan, así como del tipo de residuos que se identifica.

Por un lado, enriquecimientos en el fondo de vasijas han sido reportados en el sitio Chocolá, Guatemala, donde se registró la presencia de carbohidratos y ácidos grasos más frecuentemente en las superficies internas del fondo de vasijas, algunas de las cuales dieron resultados positivos para cacao mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (Kaplan et al., 2017). Por otro lado, el análisis de muestras de cuerpo y fondo de vasijas arqueológicas de Xochicalco, Morelos, presentaron diferencias mínimas en cuanto a la proporción de residuos químicos (Barba, 2009).

Los experimentos con tueste de semillas permitieron identificar que el enriquecimiento químico a partir de procesamiento en seco no es muy evidente. Sin embargo, las huellas de uso son muy claras. Esto reafirma que el procesamiento de alimentos líquidos y semilíquidos van a enriquecer marcadamente los poros de la cerámica (Barba, 2009; Pecci, 2021; Pecci et al., 2017). Si las sustancias orgánicas no se encuentran protegidas por los poros, tienden a perderse por completo durante el enterramiento, pues quedan expuestas (L. Barba, comunicación personal, 2022). Tal como se indica en las pruebas en tabletas y la olla enriquecida con chicha, esta huella química permanece aún cuando no hay aplicación de calor.

Las huellas de uso observadas durante el proceso de cocción proporcionan claves para comprender aspectos relacionados con la cocción en húmedo y en seco, así como el almacenamiento de líquidos. Skibo

(2013) ha demostrado que depósitos de hollín y de carbonización en las superficies internas y externas pueden responder a estos modos de cocción. Aunque los experimentos presentados no recrearon las condiciones de cocción con combustibles maderables, fue posible observar oscurecimientos de las bases producto de la exposición al fuego en las ollas en que se hirvió pescado, almejas y yuca y en la cazuela en la que se tostó cacao. Por otro lado, los tostados produjeron fuertes ahumados internos en la base y algunos depósitos carbonizados. La olla con chicha de maíz no presenta ninguna de estas modificaciones, lo cual es consistente con su uso como contenedor de líquidos sin exposición al calor.

Ahumados y hollín al exterior de las bases de vasijas ha sido documentado en la literatura arqueológica, etnoarqueológica y experimental, y evidencia el contacto con el humo del fuego. Depósitos carbonizados al interior pueden informar acerca de diferentes métodos de cocción, incluyendo rostizados, tostados, hervidos y guisados. Las carbonizaciones en las bases y en algunos casos en las paredes de ollas<sup>5</sup> se han asociado con los primeros dos métodos, mientras que los ahumados y carbonizaciones en todo el interior y en el interior de bordes se documenta para casos de hervidos y guisados. Los ahumados producto de la cocción en seco permanecen en la superficie, mientras que los de la cocción en húmedo penetran las paredes de las vasijas (Forte et al., 2018; Kooiman, 2018; Kooiman et al., 2021; Skibo, 2013; Taché et al., 2021). Por otro lado, ollas que únicamente se utilizan para contener líquidos no presentan este tipo de huellas de uso (Lantos, Spangenberg, Giovannetti, Ratto y Maier, 2015). Los experimentos de hervido realizados no presentaron las huellas de uso internas mencionadas, por lo que estas posiblemente se originan a partir de una utilización intensiva de las vasijas en eventos de hervido. Las restantes huellas de uso reportadas en la literatura son consistentes con lo observado en los experimentos.

Dado que los recipientes cerámicos empleados en el pasado pueden contener residuos químicos que representan la suma de múltiples cocciones diversas y/o de mezclas de variadas sustancias, se reiteran la necesidad de continuar analizando el enriquecimiento químico a través de experimentos controlados, así como de complementar análisis de residuos químicos con técnicas instrumentales más precisas. Los resultados presentados en este trabajo pueden ser mejorados mediante la experimentación con una mayor cantidad de muestras por sustancia, de manera que se pueda generar datos estadísticos robustos. La utilización de recipientes sin enriquecimiento químico de manufactura permitiría evaluar indicadores que no han sido visibles en el presente trabajo, como es el caso de los fosfatos en las ollas y cazuelas de Los Reyes Metzontla. Se recomienda también la experimentación con mezclas de diversos alimentos para verificar si es posible diferenciar patrones de enriquecimiento.

Los resultados presentados indican patrones de enriquecimiento químico de sustancias alimenticias empleadas en el sur de América Central. Los contrastes más claros ocurrieron en los experimentos de vertido, lo que refuerza que el uso constante genera huellas químicas más claras. Para obtener datos más precisos sobre la información derivada de tendencias de enriquecimiento en cerámicas arqueológicas se recomienda la integración de técnicas con identificación de sustancias, la utilización de materiales provenientes de contextos arqueológicos claros y la complementación con datos zooarqueológicos, macro y microbotánicos.

---

<sup>5</sup>Algunos rostizados se realizan colocando las vasijas de manera lateral sobre el fuego, de forma que se rostizan los alimentos sobre esa zona dejando superficies carbonizadas en las paredes (Taché et al., 2021).

## Agradecimientos

La investigación y redacción de este artículo fue realizada en el marco de la UNAM. Programa de Becas Posdoctorales de la UNAM. Becaria del Instituto de Investigaciones Antropológicas, asesorada por el Dr. Ernesto Vargas Pacheco. También se le agradece a él el apoyo brindado para la realización de esta investigación. Se agradece al Dr. Luis Barba por el acceso al Laboratorio de Prospección Arqueológica, por las sesiones para compartir y discutir la metodología y los resultados aquí presentados, así como la lectura de la última versión de este documento. Se agradece al Dr. Mauricio Obregón por la asesoría en cuanto a los análisis estadísticos para el estudio de patrones de enriquecimiento y al Dr. Agustín Ortiz por aclarar dudas con respecto a procedimientos del laboratorio. La P.A. Marlene Rodríguez participó de las etapas iniciales de análisis de este trabajo y se le agradece por el conocimiento transmitido. Se agradece al Dr. Francisco Corrales por la lectura de este manuscrito y por su colaboración con el enriquecimiento de una tableta con caldo de pejibaye. Se agradece a las alfareras Maribel Sánchez Grijalba y Florencia Cortés por compartir su conocimiento y el fruto de su trabajo. Los comentarios y sugerencias realizadas por las personas revisoras ayudaron a mejorar notablemente este documento.

## Referencias bibliográficas

- Acosta, G., Pérez, P., y Jiménez, B. (2020). Metodologías para el estudio de micro residuos en contextos arqueológicos. En A. Gonçalves de Freitas, A. L. Meneses Lage do Nascimento, J. C. Cisneros y S. Fernández (eds), *Palinología Arqueológica, paleoambiente e paleoetnobotânica ( Encontro do grupo de pesquisas POLARQ-Estado das Pesquisas)*. Livro de resumos (pp. 34-43). Teresina-Piauí: Universidade Federal do Piauí, Polarq.
- Ascher, R. (1961). Experimental archeology. *American Anthropologist*, 63(4), 793-816.
- Barba, L. (2007). Chemical residues in lime-plastered archaeological floors. *Geoarchaeology*, 22(4), 439-452. doi: 10.1002/gea.20160
- Barba, L. (2009). Los residuos químicos en cerámica. Indicadores arqueológicos para entender el procesamiento de alimentos y el uso de recipientes. En Centro Studi Americanistici “Circolo Amerindiano” (ed.), *XXX Convegno Internazionale di Americanistica* (pp. 721-728). Perugia, Italia: Centro Studi Americanistici “Circolo Amerindiano”.
- Barba, L., y Córdova, J. L. (1988). El análisis de carbonatos en la arqueología. *Una invitación a su uso. Antropológicas*, 2, 97-105.
- Barba, L. y Ortiz, A. (1992). Análisis químico de pisos de ocupación: un caso etnográfico en Tlaxcala, México. *Latin American Antiquity*, 3(1), 63-82. doi: 10.2307/971930
- Barba, L., Ortiz, A., y Pecci, A. (2014). Los residuos químicos. Indicadores arqueológicos para entender la producción, preparación, consumo y almacenamiento de alimentos en mesoamérica. *Anales de Antropología*, 48(1), 201-240. doi: 10.1016/S0185-1225(14)70495-3

- Barba, L., Rodríguez, R., y Córdoba, J. L. (1991). *Manual de técnicas microquímicas de campo para la arqueología*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Binford, L. R. (2002). *In pursuit of the past: decoding the archaeological record*. Berkeley: University of California Press.
- Blanco, A. (2002). Resultados comentados de las identificaciones de fitolitos y macro-muestras botánicas de Siquiáres II y Pan de Azúcar. En Consejo Nacional de Concesiones (comp.), *Informe Final: Proyecto Carretera Ciudad Colón-Orotina* (pp. 152-157). San José: Consejo Nacional de Concesiones.
- Blanco, A. y Mora, G. (1995). Plantas silvestres y cultivadas según la evidencia arqueobotánica en Costa Rica. *Vínculos*, 20(1-2), 53-77.
- Camacho, F. (2015). Un viaje por curiol. *Cambiando la perspectiva sobre la extracción del pigmento en la alfarería guanacasteca*. *Revista Herencia*, 28(1), 85-92.
- Carvajal, D. (2010). *Fishing, curing and smoking fish at Cueva de los Vampiros: A contextual and archaeological evaluation of a purported Pre-Columbian fishing Camp near Parita Bay (Panama, Central Pacific)* (Tesis de doctorado inédita). University of Calgary, Calgary, Canadá.
- Castellón, B. R. (2006). Observaciones sobre el desarrollo cultural prehispánico de la zona entre Metzontla y Zapotitlán, Puebla. En S. de la Vega (coord.), *La Alfarería en Los Reyes Metzontla: pasado, presente y futuro* (pp. 33-42). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Chantran, A., y Cagnato, C. (2021). Boiled, fried, or roasted? Determining culinary practices in Medieval France through multidisciplinary experimental approaches. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, 102715. doi: 10.1016/j.jasrep.2020.102715
- Charters, S., Evershed, R. P., Goad, L. J., Leyden, A., Blinkhorn, P. W., y Denham, V. (1993). Quantification and distribution of lipid in archaeological ceramics: implications for sampling potsherds for organic residue analysis and the classification of vessel use. *Archaeometry*, 35(2), 211-223. doi: 10.1111/j.1475-4754.1993.tb01036.x
- Clark, J. E., y Blake, M. (1994). The Power of Prestige: Competitive Generosity and the Emergence of Rank Societies in Lowland Mesoamerica. En E. M. Brumfiel y J. W. Fox (eds), *Factional competition and political development in the new world* (pp. 17-30). Cambridge: Cambridge University Press.
- Condamin, J., Formenti, F., Metais, M., Michel, M., y Blond, P. (1976). The application of gas chromatography to the tracing of oil in ancient amphorae. *Archaeometry*, 18(2), 195-201. doi: 10.1111/j.1475-4754.1976.tb00160.x
- Cooke, R. G., y Martín, J. G. (2010). Arqueozoología en la baja América central (Nicaragua, Costa Rica y Panamá). En G. Mengoni Goñalons, J. Arroyo-Cabrales, O. J. Polaco y F. J. Aguilar (eds), *Estado actual de la arqueozoología latinoamericana: current advances for the Latin-American archaeozoology* (pp. 105-131). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: International Council for Archaeozoology: Universidad de Buenos Aires.
- Cooke, R. G., y Sánchez, L. A. (2001). El papel del mar y de las costas en el Panamá pre-hispánico y del período del contacto: Redes locales y relaciones externas. *Revista de Historia*, 43, 15-62.

- Corrales, F., y Mora, J. (1990). Sobre el proto-pejibaye en Costa Rica. *Boletín Pejibaye (Guilielma)*, 2, 1-11.
- de la Vega, S., y Hernández, N. (2006). Etnografía de la producción alfarera en Los Reyes Metzontla. En S. de la Vega (coord.), *La Alfarería en Los Reyes Metzontla: pasado, presente y futuro* (pp.147-157). Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Dickau, R. (2005). *Resource use, crop dispersals, and the transition to agriculture in prehistoric Panama: Evidence from starch grains and macroremains* (Tesis de doctorado inédita). Temple University, Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos.
- Dickau, R. (2010). Microbotanical and macrobotanical evidence of plant use and the transition to agriculture in Panama. En A. M. VanDerwarker y T. M. Peres (eds), *Integrating Zooarchaeology and Paleoethnobotany* (pp. 99-134). New York: Springer.
- Evershed, R. P. (2008a). Experimental approaches to the interpretation of absorbed organic residues in archaeological ceramics. *World Archaeology*, 40(1), 26-47.
- Evershed, R. P. (2008b). Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution. *Archaeometry*, 50(6), 895-924. doi: 10.1111/j.1475-4754.2008.00446.x
- Fernández de Oviedo, G. (1851). *Historia general y natural de las Indias, Islas y Tierra-Firme del Mar Océano: Primera parte*. Madrid: Imprenta de la Real Academia de la Historia.
- Fernández de Oviedo, G. (1853). *Historia general y natural de las Indias, Islas y Tierra-Firme del Mar Océano: Tomo segundo de la segunda parte, tercero de la obra*. Madrid: Imprenta de la Real Academia de la Historia.
- Forte, V., Cesaro, S. N., y Medeghini, L. (2018). Cooking traces on Copper Age pottery from central Italy: An integrated approach comprising use wear analysis, spectroscopic analysis and experimental archaeology. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 18, 121-138. doi: 10.1016/j.jasrep.2017.12.052
- Gutiérrez, M. (1998). La ictiofauna del sitio arqueológico Nacascolo, Bahía Culebra, Guanacaste. *Vínculos*, 22(1-2), 157-187.
- Hammann, S., y Cramp, L. J. (2018). Towards the detection of dietary cereal processing through absorbed lipid biomarkers in archaeological pottery. *Journal of Archaeological Science*, 93, 74-81. doi: 10.1016/j.jas.2018.02.017
- Henry, A. G., Hudson, H. F., y Piperno, D. R. (2009). Changes in starch grain morphologies from cooking. *Journal of Archaeological Science*, 36(3), 915-922. doi: 10.1016/j.jas.2008.11.008
- Heron, C., Evershed, R. P., y Goad, L. J. (1991). Effects of migration of soil lipids on organic residues associated with buried potsherds. *Journal of Archaeological Science*, 18(6), 641-659. doi: 10.1016/0305-4403(91)90027-M
- Herrera, A. y Solís, F. (2011). El gusto por comer moluscos: Preferencias y orígenes precolombinos en la Bahía de Culebra, Costa Rica. *Vínculos*, 34, 61-96.
- Herrera, A. y Weil, J. (2021). El pasado verificado y el futuro imaginado de la tradición alfarera de Nicoya, Costa Rica. *Gazeta de Antropología*, 37(2). doi: 10.30827/Digibug.72182
- Hoopes, J. W. (1996). Settlement, subsistence, and the origins of social complexity in Greater Chiriquí: A

- reappraisal of the Aguas Buenas tradition. En F. Lange (ed.), *Paths to Central American Prehistory* (pp.15-48). Niwot: University Press of Colorado.
- Hurst, W. J., Tarka, S. M., Powis, T. G., Valdez, F., y Hester, T. R. (2002). Cacao usage by the earliest Maya civilization. *Nature*, 418(6895), 289-290. doi: 10.1038/418289a
- Ibarra, E. (2020). *Nosotros y los otros. Migraciones tardías precolombinas de Mesoamérica al sur de Centroamérica*. San José: Museo Nacional de Costa Rica y Academia de Geografía e Historia.
- Jiménez, M., y Cooke, R. (2001). Pesca precolombina en un estuario neotropical: el caso de Cerro Juan Díaz (Bahía de Parita, Costa del Pacífico de Panamá). *Noticias de Antropología y Arqueología, Especial 2001*, 1-29.
- Johnson, E. S., y Marston, J. M. (2020). The experimental identification of nixtamalized maize through starch spherulites. *Journal of Archaeological Science*, 113, 105056. doi: 10.1016/j.jas.2019.105056
- Kaplan, J., Paredes, F., Hurst, W. J., Sun, D., Stanley, B., Barba, L., y Obregón, M. (2017). Cacao residues in vessels from Chocolá, an early Maya polity in the southern Guatemalan piedmont, determined by semi-quantitative testing and high-performance liquid chromatography. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 13, 526-534. doi: 10.1016/j.jasrep.2017.04.017
- Kooiman, S. M. (2018). *A Multiproxy Analysis of Culinary, Technological, and Environmental Interactions in the Northern Great Lakes Region* (Tesis de doctorado inédita). Michigan State University, East Lansing, Michigan, Estados Unidos.
- Kooiman, S. M., Albert, R. K., y Malainey, M. E. (2021). Multiproxy analysis of adhered and absorbed food residues associated with pottery. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 1-36. doi: 10.1007/s10816-021-09537-3
- Lantos, I., Spangenberg, J. E., Giovannetti, M. A., Ratto, N., y Maier, M.S. (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, 83-99. doi: 10.1016/j.jas.2014.12.022.
- Messina, R. (2015). *L'Archéologie récente au Costa Rica, contribution des sites Piedra Viva et Linda Vista à l'histoire culturelle* (Tesis de maestría inédita). Université de Montréal, Montreal, Canadá.
- Miller, M. J., Whelton, H. L., Swift, J. A., Maline, S., Hammann, S., Cramp, L. J., McCleary, A., Taylor, G., Vacca, K., Becks, F., Evershed, R. P., y Hastorf, C. A. (2020). Interpreting ancient food practices: stable isotope and molecular analyses of visible and absorbed residues from a year-long cooking experiment. *Scientific reports*, 10(1), 1-16. doi: 10.1038/s41598-020-70109-8
- Monge, S. (2014). *Más allá de la dieta: Análisis e interpretación de la arqueofauna de un sitio costero en la Bahía Culebra, Guanacaste, durante los años 1000-1550 n.e.* (Tesis de maestría inédita). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Novillo, M., y Esparza, R. (2017). Arqueología de las bebidas fermentadas: el caso de la chicha mesoamericana. *Revista Pucara*, 28, 99-122.
- Obregón, M., Hernández, R., y Barba, L. (2019). Análisis de residuos químicos de las ollas, cazuelas, comales y cajetes de factura local y su interpretación. En Y. Sugiura, G. Jaimes, M. del C. Pérez y K.

- Hernández (eds), *Cerámica y vida cotidiana en la sociedad lacustre del Alto de Lerma en el Clásico y Epiclásico (C.A. 500-950 d.C.)* (pp. 127-161). Estado de México: El Colegio Mexiquense A.C.
- Obregón, M., y Barba, L. (2020). Ejercicio analítico para la identificación de residuos de cenizas y sangre en cazuelas, sahumeros y braseros arqueológicos de santa cruz atizapán. En Y. Sugiura, G. Jaimes, M. del C. Pérez y K. Hernández (eds), *El estudio de la cerámica cotidiana del valle de Toluca desde una perspectiva arqueométrica* (pp. 128-142). Estado de México: El Colegio Mexiquense A.C.
- Odegaard, N., Carroll, S., y Zimmit, W. S. (2000). *Material characterization test for objects of art and archaeology*. Londres: Archetype Publications.
- Pagán, J. R., Guachamín-Tello, A. M., Romero-Bastidas, M. E., y Vásquez-Ponce, P. X. (2017). Cocción experimental de tortillas de casabe (*Manihot esculenta* Crantz) y de camote (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) en planchas de barro: evaluando sus efectos en la morfometría de los almidones desde una perspectiva paleoetnobotánica. *Americae: The European Journal of Americanist Archaeology*, 2, 27-43.
- Pecci, A. (2003). Los alimentos y sus residuos químicos. Arqueología experimental para entender actividades prehispánicas. *Quaderni di Thule*, 3, 75-83.
- Pecci, A. (2009). Analisi funzionale della ceramica e alimentazione medievale. *Archeologia medievale*, 36, 21-42.
- Pecci, A. (2021). Análisis de residuos químicos en materiales arqueológicos: Marcadores de actividades antrópicas en el pasado. *Pyrenae: Revista de Prehistòria i Antiguitat de la Mediterrània Occidental*, 52(1), 7-54.
- Pecci, A., Barba, L., y Ortiz, A. (2017). Chemical residues as anthropic activity markers. Ethnoarchaeology, experimental archaeology and archaeology of food production and consumption. *Environmental Archaeology*, 22(4), 343-353.
- Pecci, A., Giorgi, G., Salvini, L., y Ontiveros, M. Á. C. (2013). Identifying wine markers in ceramics and plasters using gas chromatography–mass spectrometry. *Experimental and archaeological materials. Journal of Archaeological Science*, 40(1), 109-115. doi: 10.1016/j.jas.2012.05.001
- Pecci, A., Ortiz, A., y Barba, L. (2017). Los residuos químicos de la producción de pulque. Etnoarqueometría y arqueología experimental. *Anales de Antropología*, 51(1), 39-55. doi: 10.1016/j.anthro.2016.11.002
- Quesada, D. (2018). Acercamiento a las expresiones del modo de vida en un sector en el sitio Piedra Alegre (A-432 PA), a partir de sus prácticas rituales entre el 300 d.C. y 800 d.C., Cutris, San Carlos, Alajuela (Tesis de maestría inédita). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Quintanilla, I. (1992). La Malla: Un sitio arqueológico asociado al uso de recursos del manglar de Tivives, Pacífico Central de Costa Rica. *Vínculos*, 16(1-2), 57-83.
- Reber, E. A., y Kerr, M. T. (2012). The persistence of caffeine in experimentally produced black drink residues. *Journal of Archaeological Science*, 39(7), 2312-2319. doi: 10.1016/j.jas.2012.02.008
- Reber, E. A., Kerr, M. T., Whelton, H. L., y Evershed, R. P. (2019). Lipid residues from low-fired pottery. *Archaeometry*, 61(1), 131-144. doi: 10.1111/arem.12403
- Roffet-Salque, M., Dunne, J., Altoft, D. T., Casanova, E., Cramp, L. J., Smyth, J., Whelton, H. L., y Evershed, R. P. (2017). From the inside out: Upscaling organic residue analyses of archaeological ceramics. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 16, 627-640. doi: 10.1016/j.jasrep.2016.04.005

- Rondelli, B., Lancelotti, C., Madella, M., Pecci, A., Balbo, A., Pérez, J. R., Inserra, F., Gadekar, C., Ontiveros, M. Á. C., y Ajithprasad, P. (2014). Anthropogenic activity markers and spatial variability: An ethnoarchaeological experiment in a domestic unit of Northern Gujarat (India). *Journal of Archaeological Science*, 41, 482-492.
- Sánchez, S. (2006). Características geológicas de los yacimientos de materia prima para la elaboración de cerámica en Los Reyes Metzontla, Puebla. En S. de la Vega (coord.), *La alfarería en Los Reyes Metzontla: pasado, presente y futuro* (pp. 81-98). Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Sáenz, M. L. (2014). *Cambios en el aprovechamiento de los moluscos marinos en la isla de Pedro González, Archipiélago de las Perlas, Panamá: una comparación entre los sitios PGL-19-20 y PGL-106* (Tesis de licenciatura inédita). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Salque, M., Bogucki, P. I., Pyzel, J., Sobkowiak-Tabaka, I., Grygiel, R., Szmyt, M., y Evershed, R. P. (2013). Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in northern Europe. *Nature*, 493(7433), 522-525. doi: 10.1038/nature11698
- Schiffer, M. B., Skibo, J. M., Boelke, T. C., Neupert, M. A., y Aronson, M. (1994). New perspectives on experimental archaeology: Surface treatments and thermal response of the clay cooking pot. *American antiquity*, 59(2), 197-217. doi: 10.2307/281927
- Skibo, J. M. (2013). *Understanding pottery function*. New York: Springer.
- Staller, J.E. (2021). Maize in andean food and culture: interdisciplinary approaches. En J. E. Staller (ed.), *Andean foodways. The latin american studies book series* (pp. 283-310). Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-030-51629-1\_11
- Steinbrenner, L. (2006). Cacao in Greater Nicoya: ethnohistory and a unique tradition. En C. L. McNeil (ed.), *Chocolate in Mesoamerica: a cultural history of cacao* (pp. 253-270). Gainesville: University Press of Florida.
- Stone, D. (2013). *Los borucas de Costa Rica*. San José: Imprenta Nacional.
- Taché K., Jaffe, Y., Craig, O.E., Lucquin A., Zhou J., Wang H., Jiang, S., Standall, E., y Flad, R. K. (2021). What do “barbarians” eat? Integrating ceramic use-wear and residue analysis in the study of food and society at the margins of Bronze Age China. *PLoS ONE*, 16(4): e0250819. doi: 10.1371/journal.pone.0250819
- Terreros, M. (2013). *Una aproximación a la alimentación por medio del análisis de residuos químicos y FRX de comales provenientes de un sitio lacustre, Santa Cruz Atizapán (550-900 d.C.)* (Tesis de licenciatura inédita). Escuela Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México, México.
- Wang, J., Liu, L., Georgescu, A., Le, V. V., Ota, M. H., Tang, S., y Vanderbilt, M. (2017). Identifying ancient beer brewing through starch analysis: A methodology. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 15, 150-160. doi: 10.1016/j.jasrep.2017.07.016
- Weil, J., y Herrera, A. (2014). La herencia alfarera en la península de Nicoya: Persistencia de una tradición. *Cuadernos de Antropología*, 24(2), 25-47. doi: 10.15517/CAT.V24I2.17789