Revista Chicomoztoc, Vol. 7. No. 14, Julio – Diciembre 2025

Revista CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

El uso de técnicas de residuos químicos mediante pruebas de spot test como método de verificación de contextos forenses. La experiencia desde la Arqueología y Paleontología

Agustín Ortiz Butrón[1]

Resumen

Dentro del Segundo Encuentro Internacional de Ciencias Forenses, UASLP, *"*Buscando vida en la muerte", realizado del 20 al 22 de noviembre de 2024 en la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP, tuve la oportunidad de participar con esta ponencia. Para ejemplificarla tomé algunos de los casos que forman parte de los trabajos que se llevan a cabo en el Laboratorio de Prospección Arqueológica del IIA, UNAM, relacionados con la descomposición de cuerpos y el enriquecimiento químico del contexto utilizando para ello técnicas semicuantitativas denominadas pruebas de *spot test*.

Palabras claves: Residuos químicos, descomposición, tumbas, forense, *spot test*.

Abstract

As part of the Second International Meeting of Forensic Sciences (UASLP), "Searching for Life in Death," held from November 20 to 22, 2024, at the Faculty of Social Sciences and Humanities (UASLP), I had the opportunity to participate with this presentation. To illustrate this, I used some of

[1] Arqueólogo, investigador y académico con una trayectoria de más de 30 años. Se formó en la ENAH y obtuvo los grados de Maestro y Doctor en Antropología por la UNAM. Como investigador, está adscrito al Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, donde dirige la sección de Estudio de residuos químicos en pisos y cerámicas arqueológicas del Laboratorio de Prospección Arqueológica. Su destacada labor docente se extiende a la UNAM, impartiendo clases en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales y en el Posgrado de Estudios Mesoamericanos y de Antropología. Además, ha sido nombrado Profesor Honorario en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga en Perú. Su excelencia académica ha sido reconocida con su membresía en el Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 2, y el Nivel D del PRIDE de la UNAM. Para contactarlo, su correo electrónico es ortizbutron@gmail.com.

the cases that are part of the work being carried out at the Archaeological Prospecting Laboratory of the IIA (National Autonomous University of Mexico), UNAM, related to the decomposition of bodies and the chemical enrichment of the context, using semi-quantitative techniques called spot tests.

Keywords: Chemical residues, decomposition, graves, forensic, spot test.

Introducción

El laboratorio fue fundado por el Dr. Luis Barba en 1983 a instancias del Dr. Jaime Litvak que entonces fungía como director del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM. Desde sus inicios el laboratorio se ha caracterizado por tener dos líneas de investigación principales: El estudio de restos arqueológicos desde la superficie mediante técnicas geofísicas y el estudio de residuos químicos de materiales porosos a través de pruebas de spot test. Ambas líneas de investigación pensadas para resolver problemáticas de carácter arqueológico.

En el área de residuos químicos, los análisis que se realizan en el Laboratorio de Prospección Arqueológica se denominan técnicas de *spot test*, es decir, son pruebas semicuantitativas que han demostrado su utilidad para la Arqueología en el estudio de materiales porosos como pisos para la detección de áreas de actividad o en cerámicas para la determinación de función. Una de las bases principales para que se pueda estudiar químicamente una actividad es la necesaria existencia de líquidos que se derramen sobre una superficie, la saturen y la enriquezcan (Ortiz, 2015: 69).

Los análisis no son cuantitativos, o sea que no brindan información cuantificable de cuantas partes por millón (*ppm*) tiene una muestra, sino que únicamente notifican si una muestra contiene o no algún elemento o residuo susceptible de estudiarse. Su virtud primordial es que son pruebas sencillas, pudiéndose analizar una gran cantidad de muestras de manera rápida y a bajo costo (Barba *et al.,* 1991).

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

La sencillez de las pruebas no demerita su valía para la interpretación arqueológica. Ya que como dijo Gastón Charlot, fundador de la Química analítica moderna en Francia: "El problema no es identificar qué es la muestra, sino la pregunta que ella genera (Gómez Moliné *et al.,* 2009: 192)". Por tanto, ya sea que se utilicen análisis de *spot test* o instrumentales (como florescencia de rayos X o cromatografía), ambos tipos de análisis son necesarios en diferentes momentos de la investigación, ambos requieren una interpretación multidisciplinaria, y ésta depende de la experiencia que normalmente se adquiere mediante ensayo y error (Córdova, José Luis, 2023).

A lo largo de más de 40 años de existencia del Laboratorio de Prospección Arqueológica se han incorporado nuevos equipos y nuevas metodologías de análisis. En lo que respecta al estudio de residuos químicos su uso comenzó para el examen de muestras de superficie como una herramienta de prospección química para la delimitación de sitios a partir de la observación de fosfatos (Barba, 1980). Posteriormente su aplicación se amplió al estudio de unidades habitacionales etnoarqueológicas (Barba y Ortiz, 1992; Barba *et al.*, 1995; López *et al.,* 2005) y arqueológicas, utilizando para su interpretación cuatro indicadores químicos: fosfatos, carbonatos, pH y color (Barba, 1986; Ortiz, 1991; Pecci y Ortiz, 2001; Barba 2007); a los que se agregaron posteriormente las pruebas orgánicas: residuos proteicos, ácidos grasos y carbohidratos (Barba *et al.,* 1991; Barba *et al.*, 2014; Ortiz *et al.,* 2018), incorporando además nuevos campos de empleo, como fueron las investigaciones en áreas rituales (Barba *et al.,* 1997; Getino y Ortiz, 1998; Ortiz *et al.,* 2017; Ortiz, *et al.,* 2019), áreas productivas (Pecci *et al.,* 2017), el análisis de cerámicas arqueológicas (Méndez *et al.,* 2011; Barba *et al.,* 2014; Novillo y Esparza, 2016; Obregón *et al.,* 2020; Pérez-Ortiz *et al,* 2021; Obregón y Barba, 2021; Jiménez *et al.,* 2021, Ortiz, 2021; Ceballos *et al.,* 2023; Núñez y Barba, 2023; Zacarías *et al.,* 2024) así como el examen de la

descomposición de cuerpos en lugares de enterramiento (Barba *et al.*, 1991; Barba *et al*, 2015; Pascual *et al.,* 2023).

Casos de estudio

La Florida, Zacatecas

La aplicación del estudio de contextos funerarios a partir del análisis de *spot test* se utilizó por primera en una tumba de tiro localizada en La Florida, Zacatecas, con la idea de reconocer la disposición y orientación del cadáver (Barba *et al.,* 1991). En aquella ocasión se tenía el conocimiento de la existencia de una tumba saqueada y vacía excavada completamente en toba volcánica, lo cual permitió experimentar para tratar de reconocer si alguna vez existieron cuerpos u ofrendas en su interior. En total se tomaron 64 muestras cada 0.50 m para cubrir la totalidad del piso de la tumba. Por una parte, desafortunadamente los resultados no fueron concluyentes, en aquella época sólo se realizaron análisis inorgánicos como fosfatos, carbonatos, pH, nitratos y color. Por otra parte, las personas de la localidad utilizaban la tumba como depósito de basura. De cualquier modo, se realizaron los mapas de interpretación de la tumba 5 de La Florida, Zacatecas donde se encontraron tres zonas posibles que sugirieron la alternativa de haber sido enriquecidas por la descomposición de cuerpos, particularmente por el alza en los valores de carbonatos y de fosfatos (Barba *et al.*, 1991; Barba *et al.,* 2015) (Figura 1).

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

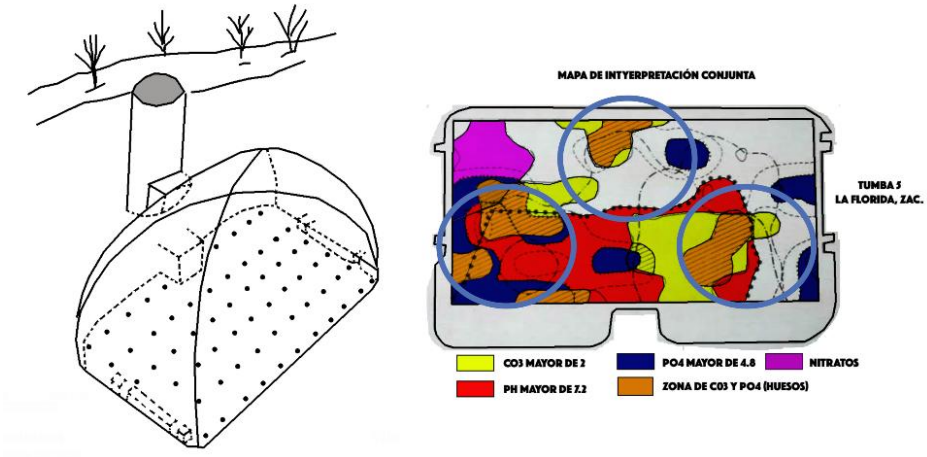

Figura 1. Estudio químico de la tumba 5 de La Florida, Zacatecas mostrando las tres áreas probables de ubicación de los cuerpos. Dibujo isométrico y de interpretación realizado por E. Linares (Barba *et al.*, 1995: 25). Modificado por A. Ortiz

Oxkintok, Yucatán

El siguiente proyecto, relacionado con la descomposición de un cuerpo humano se realizó en una estructura laberíntica de tres pisos ubicada en Oxkintok, Yucatán, denominada El Satunsat, como parte del Proyecto Arqueológico Oxkintok de la Misión Arqueológica de España en México bajo la dirección del Dr. Miguel Rivera Dorado (1986-1992). En dicha estructura se tomaron muestras de todos sus pisos con la finalidad de interpretar la funcionalidad del edificio; durante su excavación se localizó un tapiaje en la sección norte del cuarto 6 que al desmontarlo dejó al descubierto una cámara funeraria. La tumba 1 presentó restos de una inhumación directamente sobre el piso, aunque los huesos no se encontraron en una clara posición anatómica (Rivera y Ferrándiz, 1988: 69). El entierro presentaba un ajuar funerario consistente en una serie de objetos de jade que incluía dos orejeras, dos tapones de orejera, una máscara miniatura, una cabeza de cocodrilo tallada, una placa cortada con

inscripción jeroglífica, collares y brazaletes, cuatro vasos cerámicos completos y una uña de felino; lo que revelaba claramente la importancia del personaje. Sin embargo, al analizar las evidencias tomadas alrededor de los restos del personaje, los resultados mostraron bajos valores en general, particularmente de fosfatos. Lo cual indicaba claramente que los restos encontrados en la tumba ya no contaban con sus partes blandas cuando fueron inhumados, ya que no se descompusieron en la zona donde fueron depositados (Rivera y Ferrándiz, 1988: 69; Ortiz y Barba, 1992: 124; Barba *et al*, 2015) (Figura 2).

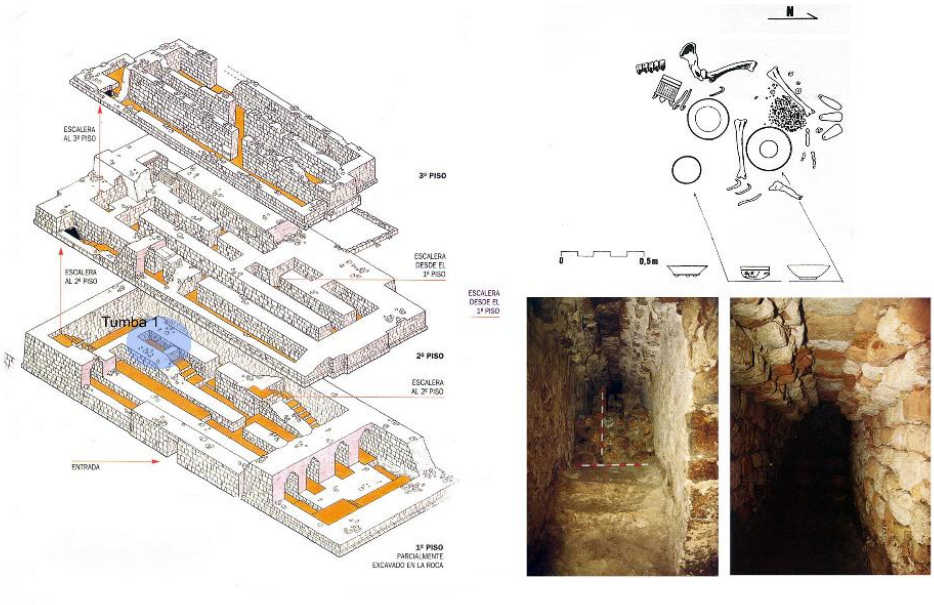

Figura 2. Localización de la tumba 1 dentro del Satunsat (Rivera y Ferrándiz, 1988: 70). Composición A. Ortiz

Cerro del Piñón, San Martín de Bolaños, Jalisco

En 1993 la Dra. Ma. Teresa Cabrero junto con el Arqlgo. Carlos López Cruz encontraron una tumba de tiro intacta en en el Cerro del Piñón a la que denominaron Tumba 3 (Figura 3). Dentro de ella se localizaron varias figurillas antropomorfas huecas en posición tanto sedente como de pie, distribuidas en los extremos laterales de la cámara entremezclándose con cuencos trípodes y ápodos. En la parte posterior del aposento se hallaron 8 puntas de proyectil, 4 de obsidiana y 4 de sílex, así como un cuchillo hecho de pedernal. El total de las vasijas fue de 15 cuencos trípodes, 11

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

cuencos ápodos, 2 platos, 6 ollas miniatura, una olla de cuello corto y un tecomate (Cabrero, 1995). Asimismo, se recuperaron fragmentos de textil, un fragmento de red hecha con fibras vegetales, probablemente lechuguilla y restos de varitas delgadas posiblemente astiles que sostenían las puntas de proyectil. A la vez, dos fragmentos de madera que presentan una acanaladura y un extremo cerrado que forman posiblemente parte del cuerpo de un *atlatl* y un malacate asociado a un objeto de piedra que con seguridad sirvió de apoyo en la tarea de hilado del algodón (*Idem*).

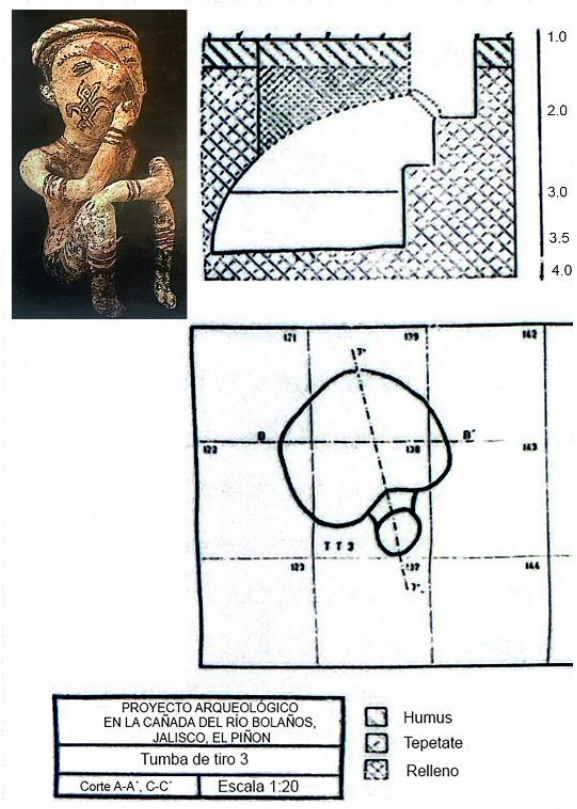

Figura 3. Tumba 3 de Bolaños y Figurilla hueca de fumador (tomado de Cabrero y López, 1997). Composición de A. Ortiz, 2025

Por una parte, es muy probable que la tumba 3 haya sido reutilizada y reabierta varias veces, los restos óseos se encontraron muy deteriorados y fragmentados; sin embargo, se contaron 21 cráneos, 4 de los cuales al parecer fueron colocados en línea en la parte posterior de la cámara. Se consiguió identificar dos individuos que estaban en posición extendida en el piso de la cámara (límite sureste) con los pies hacia el centro (al oeste) a ambos lados del acceso, y ellos pueden ser los personajes principales depositados en la tumba pues, aunque las ofrendas estaban distribuidas en todo el recinto, la concentración mayor se localizó alrededor de ellos (Cabrero y López, 1993).

Por otra parte, según los informes osteológicos, la tumba 3 contuvo osamentas de diversos grupos de edad y sexo, además se localizaron restos cremados dispersos tanto en el piso de la cámara como dentro de contenedores (ollas) (Cabrero, 1995).

No obstante, por la cantidad de información presente al momento de la toma de muestra y por la saturación de materiales dentro de la tumba de tiro, lamentablemente, sólo se pudieron tomar 9 ejemplares de la parte NE del enterramiento, justo donde se localizaba la mayor parte de los materiales cerámicos; se pensaba que, una vez terminada la excavación, se regresaría a continuar con el muestreo, sin embargo, por desgracia eso no sucedió.

A diferencia de la tumba 5 de La Florida, Zacatecas, en este estudio además de los análisis de fosfatos, carbonatos, pH y color, se incluyeron los análisis de residuos proteicos y ácidos grasos (Ortiz, 1996).

Los análisis de fosfatos evidenciaron dos zonas primordiales que coincidieron de manera directa con la ubicación de los dos entierros en posición anatómica, principalmente con la del sur. Los carbonatos estuvieron ausentes; el pH, pese a que se apreciaba una gran cantidad de restos cremados sobre el piso de la tumba, los valores registrados fueron muy bajos (6.1 - 6.5), con un ligero aumento a ambos lados del acceso (7 - 7.5).

Los ácidos grasos presentaron una correspondencia con la prueba de fosfatos, especialmente al norte del acceso donde se identificó uno de los entierros primarios en posición anatómica, en el piso del acceso fue evidente su disminución. Lo mismo ocurrió con los residuos proteicos, los cuales mostraron bajos valores en general, con excepción en la parte central y sur del acceso donde se apreció un aumento que concuerda con la localización de uno de los entierros primarios en posición anatómica.

Revista CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

Empero, la máxima tasación encontrada fue al sur del acceso de la tumba, muy cerca de uno de los cuencos que posiblemente contuvo material orgánico rico en proteínas como ofrenda (Ortiz, 1996).

Este segundo intento de estudio químico de una tumba de tiro pese a que se trataba de un contexto sellado, desafortunadamente por la poca densidad de muestreo, no ofreció los resultados esperados. A pesar de eso hay que tomar en cuenta que, para los años 90, el examen de residuos químicos orgánicos apenas comenzaba a implementarse como herramienta de apoyo en los trabajos de *spot test* en diversos contextos arqueológicos mesoamericanos como parte de la batería de análisis del Laboratorio de Prospección Arqueológica de la UNAM.

Cacaxtla, Tlaxcala

Otra investigación importante fue la de la Mtra. Beatriz Palaviccini Beltrán, de la que recibimos la invitación y que en 2005 fungía como coordinadora del Proyecto Especial de Conservación Cacaxtla-Xochitécatl. En aquel entonces se tomaron muestras en el subconjunto este del gran basamento, en la estructura conocida como “El Palacio”. En ella, durante las excavaciones realizadas de 1976 a 1977 por Daniel Molina y Diana López, se localizaron 40 entierros de niños de entre 4 y 11 años directamente colocados sobre el piso del “Patio de los Rombos”, todos ellos sin un patrón de enterramiento definido y en apariencia arrojados de manera precipitada. Algunos presentaban huellas de decapitación, desmembramiento y cremación (Delgadillo y Santana, 1995: 60) (Figura 4).

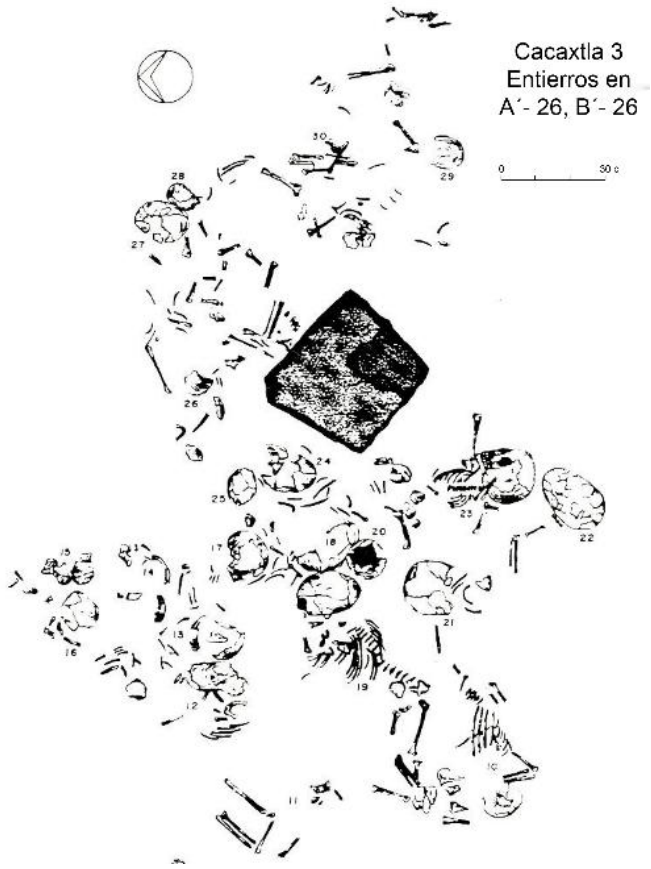

Figura 4. Localización de los entierros sobre el piso del *Patio de los Rombos* en Cacaxtla (tomado de Delgadillo y Santana, 1995: 74)

A consideración de los antropólogos físicos que realizaron el estudio de los restos óseos del *Patio de los Rombos*, por la abundancia de enterramientos situados sobre el piso, al parecer los niños fueron sacrificados en el mismo lugar y en el momento previo a la clausura y relleno de determinadas unidades arquitectónicas (Delgadillo y Santana, 1991: 700).

Dadas estas características descritas por los antropólogos físicos, era de esperarse que se deberían de encontrar altos valores en los residuos químicos del piso, particularmente, proteicos y ácidos grasos. No obstante, al realizar el análisis del piso del Patio de los Rombos se pudo notar qué valores en los indicadores de fosfatos, proteína y ácidos grasos no

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

coincidían con la ubicación de los entierros, sino únicamente el de pH (Figura 5). Por tanto, los resultados parecían señalar que los acontecimientos (bien fuera sacrificio, cremación o desmembramiento) se realizaron en otro lugar del Gran Basamento, siendo el piso del Patio de los Rombos el lugar de depósito final de los restos. Aunque la inhumación de los individuos sobre el suelo, quizá aún con partes blandas, fue suficiente para enriquecer el área de clausura de la fase 4 del Patio de los Rombos; no se dio tanto como si el desmembramiento, decapitación y muerte de los infantes hubiera sido en el lugar del hallazgo (Ortiz y Terreros, 2007; Ortiz, 2012).

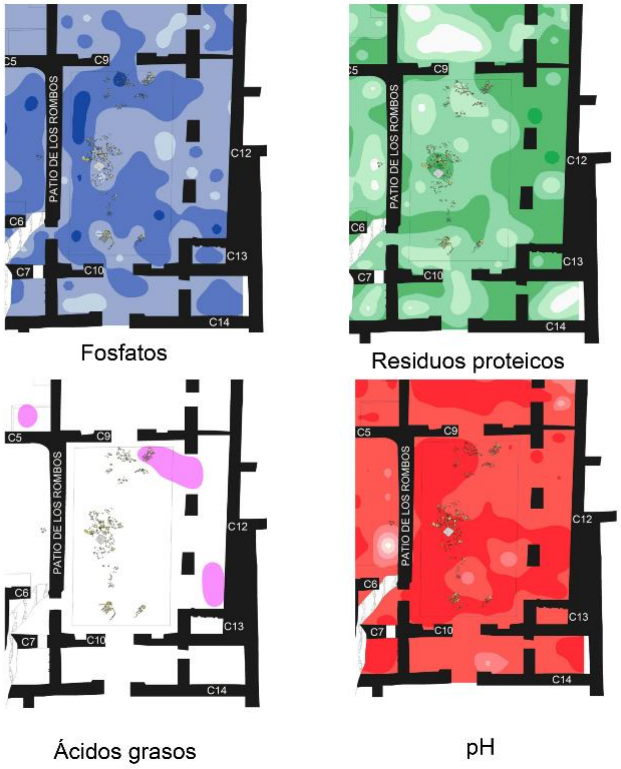

Figura 5. Mapa de residuos químicos en el Patio de los Rombos

Es importante mencionar que del total de excavaciones realizadas en el *Gran Conjunto* de 1975 a 1979 se hallaron 208 grupos óseos, de los cuales 199 pertenecieron a niños de muy corta edad y cuando menos 114 presentaban mutilaciones que dejaron incompletos los cuerpos, además de presentar huellas de exposición al fuego (Delgadillo y Santana, 1991: 697).

La abundante existencia de entierros en estas condiciones parece indicar que esta práctica fue un ritual común en Cacaxtla. Por ende, quedaría aún descubrir la zona donde se llevaron a cabo estos rituales de decapitación, desmembramiento y cremación en el Gran Conjunto de Cacaxtla.

San Pietro en Grosseto, Italia

Para 2007, mientras se excavaba el interior de una iglesia de San Pietro en Grosseto, Italia, fueron localizadas varias fosas de enterramiento, las cuales a insistencia del Dr. Luis Barba se muestrearon en su interior cada 10 cm, concerniendo el análisis a la Dra. Alessandra Pecci (Figura 6).

Figura 6. Excavaciones en el interior de la iglesia de San Pedro en Grosseto, Italia (cortesía de la Dra. Alessandra Pecci)

Los mapas obtenidos revelaron una gran correspondencia de los valores de residuos proteicos, fosfatos y carbohidratos, indicando que los mayores enriquecimientos estaban relacionados a la descomposición de las vísceras (pulmones, corazón y aparato digestivo) y

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

del cerebro en comparación con las bajas aportaciones observadas para las piernas (Pecci *et al.*, 2007; Barba *et al.*, 2015).

Este estudio marcó un hito en la comprensión del examen de restos óseos asociados con su descomposición mediante análisis de *spot test*, donde también la alta densidad de muestreo jugó un papel importante (Figura 7).

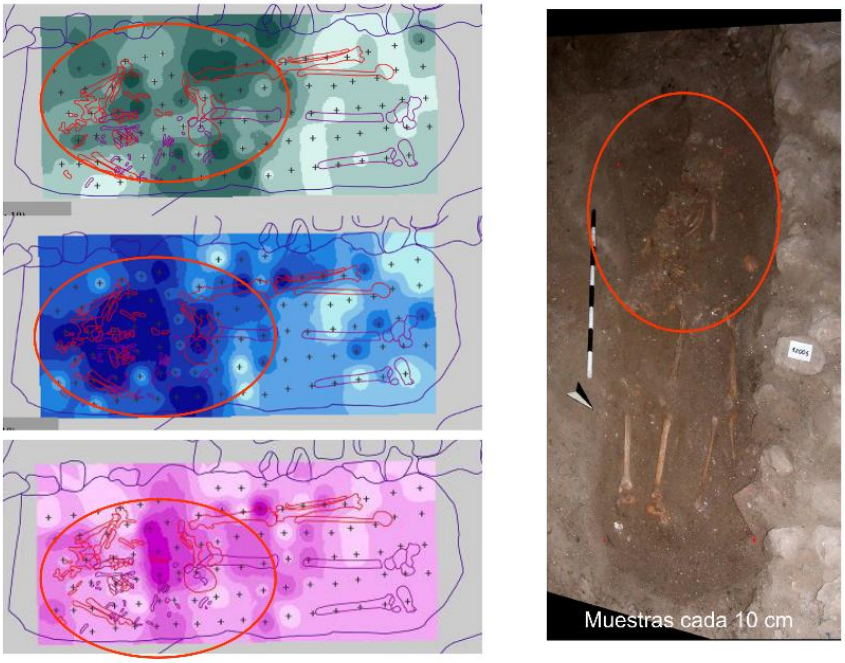

Figura 7. Mapas de distribución de residuos químicos en el fondo de la fosa excavada en el piso de la iglesia de San Pedro en Grosseto, Italia (cortesía de la Dra. Alessandra Pecci)

Tajín, Veracruz

Tiempo después se tuvo la oportunidad de realizar un trabajo parecido en un contexto mesoamericano, cuando en el 2015 el Dr. Arturo Pascual Soto, del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM nos invitó a participar en su proyecto "Divinos señores del Tajín" para observar mediante exploraciones geofísicas la Estructura 40. En dicha investigación se localizó con la ayuda de un georradar una cista de enterramiento que al excavarla resultó estar completamente vacía. Lo cual brindaba la posibilidad de verificar a través del análisis de residuos químicos, de sus sedimentos, si se presentaba un enriquecimiento que revelara la descomposición de un cuerpo. Para ello, al igual que en el caso de Italia, se tomaron muestras cada 10 cm de su piso y los exámenes se realizaron en el Laboratorio de Prospección Arqueológica de la UNAM (Figura 8).

Figura 8. Muestreo cada 10 cm de la cista localizada de la Estructura 40 del Tajín (fotografía cortesía del Dr. Arturo Pascual Soto)

Al elaborar los mapas de distribución con los resultados de los de *spot tests* se pudo visualizar, sin lugar a dudas, un enriquecimiento químico coincidente con la descomposición de un cuerpo humano en su interior (Figura 9).

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

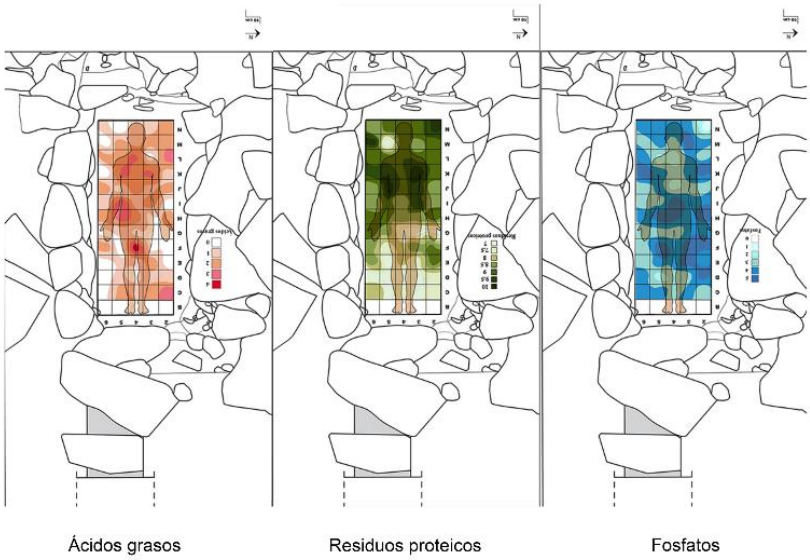

Figura 9. Mapas de distribución de residuos químicos de la cista de la Estructura 40 en el Tajín (cortesía del Dr. Arturo Pascual Soto)

Sin embargo, dado que la cista fue situada entre dos etapas constructivas y que, con anterioridad, dicho espacio formó parte de una plaza, era importante verificar si los residuos químicos encontrados se relacionaban verdaderamente con la descomposición de un cuerpo humano y no con las actividades llevadas a cabo durante el uso del lugar. Para tal efecto el Dr. Arturo Pascual realizó una cala que llevó hasta la plaza principal y esa área también fue muestreada para verificar si los enriquecimientos eran parecidos a los obtenidos en el interior de la cista. Tras los estudios de residuos químicos se pudo verificar que las operaciones en esa zona no tuvieron nada que ver con el rendimiento de la cista (Figura 10).

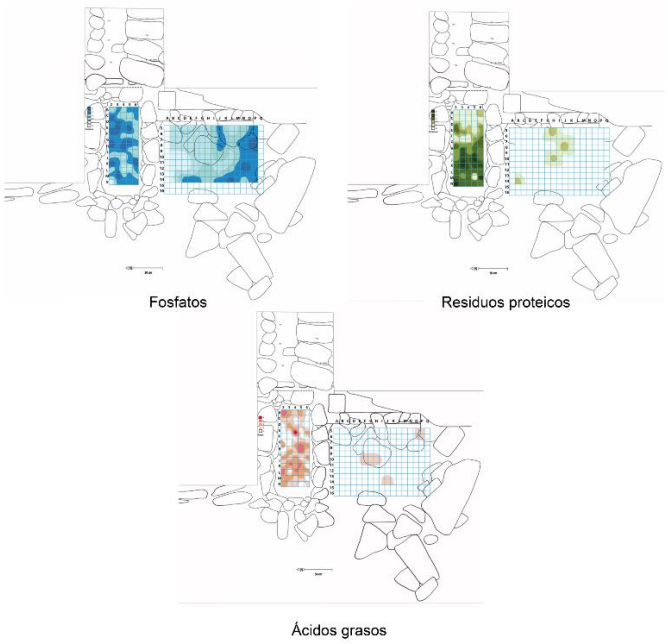

Figura 10. Comparación de análisis de residuos de la cista de enterramiento con la plaza

Para concluir la exploración todo el sedimento del piso de la cista fue trasladado al Instituto de Investigaciones Antropológicas con la finalidad de examinarlo detalladamente bajo el microscopio y comprobar si se podía ubicar algún tipo de evidencia física relacionada con el entierro. Se usó un microscopio estereoscópico Zeiss (STEMI 2000-C) y una cámara Olympus C5060 en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente de lIA, UNAM, con resultados negativos (Figura 11).

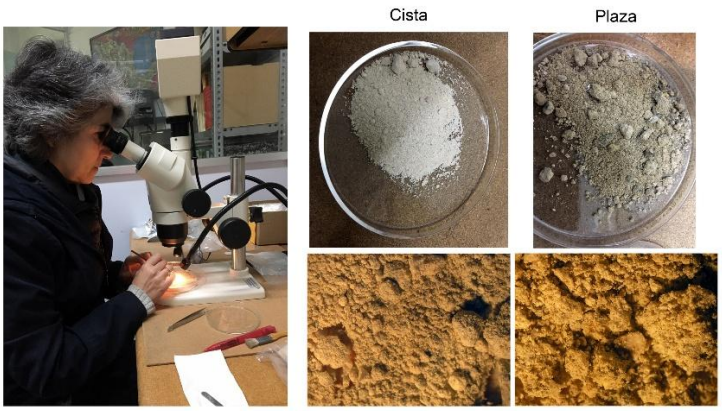

Figura 11. Estudio bajo el microscopio del sedimento de la cista realizado en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente de lIA, UNAM

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

Al no localizar ningún fragmento óseo ni astillas de hueso en el sedimento de la cista, el estudio bajo el microscopio sugirió que posiblemente el cuerpo del difunto fue removido 3 o 5 años posterior a su muerte, cuando el cuerpo carecía de tejidos, pero cuando los huesos aún se encontraban en buenas condiciones para su remoción.

Referente a eso habría que considerar varios puntos en la descomposición de un cuerpo humano, ya que ésta dependería de varios factores como la temperatura, la humedad, la disposición de oxígeno, las causas de la muerte, el carroñeo, la existencia de insectos, la profundidad del entierro, la superficie sobre la cual yace el cuerpo, así como el tamaño y peso del difunto.

Para el caso de la cista de la estructura 40 de El Tajín, el cadáver fue depositado debajo de la escalinata de una estructura piramidal de piedra y tierra a 4 m de profundidad, lo que pudo retardar su descomposición, aunque la temperatura y humedad del sitio eran muy altas.

Posterior al hallazgo y muestreo de esta cista localizada en la estructura 40, se encontró una tumba en la estructura 41 cuya impresionante arquitectura funeraria mostró claramente su importancia. Ambas colocaciones pertenecen al Conjunto arquitectónico del Edificio de las Columnas, sede de las más importantes ceremonias religiosas del Epiclásico en la Costa del Golfo (Pascual *et al.,* 2023: 13). La Tumba T-M50 constó de una cámara de 2.60 metros de largo por 1.30 de ancho, formada por paredes de piedra que alcanzaron más de dos metros de altura en promedio y que fueron revestidas, al igual que el piso, con aplanados de cal. En el extremo oriente se encontró un túnel provisto de una escalera de piedra que llevaba al interior del templo. Tanto la cámara como la escalera contaban con una cubierta formada por grandes lajas de piedra arenisca, encontrándose la entrada del túnel hacia el oriente (*Idem*) (Figura 12).

Figura 12. La Tumba M50 del Edificio 41 del Conjunto arquitectónico del Edificio de las Columnas, *ca.* 1000-1100 d. C. Fotografía de Arturo Pascual, 2018 (tomado de Pascual *et al.,* 2023: 14)

La tumba presentaba tres etapas distintas. La primera para la segunda mitad del siglo IX d. C., la segunda para el 916 y 967 d. C. y la tercera 1000-1100 d. C.; siendo destruida entre los años 1205 y 1259 d. C. con el propósito de acceder a la cámara funeraria. Las lajas del techo fueron arrancadas y, una vez dentro, posiblemente sustrajeron los restos del cadáver, rompiendo y arrojando la ofrenda al exterior. En consecuencia, el interior de la tumba quedó prácticamente vacío, con muy pocos elementos para inferir su función, así que se procedió a analizarla mediante el análisis de residuos químicos mediante pruebas de *spot test* (*Ibid.*: 15).

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

Al igual que la cista de la estructura 40, la tumba T-M50 se muestreó cada 10 cm para someter los ejemplares a la batería de análisis de *spot test* y los resultados expusieron, lo mismo que la cista referida, una apreciable cantidad de residuos orgánicos, cuya distribución probablemente se asocie con el lugar donde se produjo la descomposición del cuerpo (Pascual *et al.*, 2023: 15) (Figura 13).

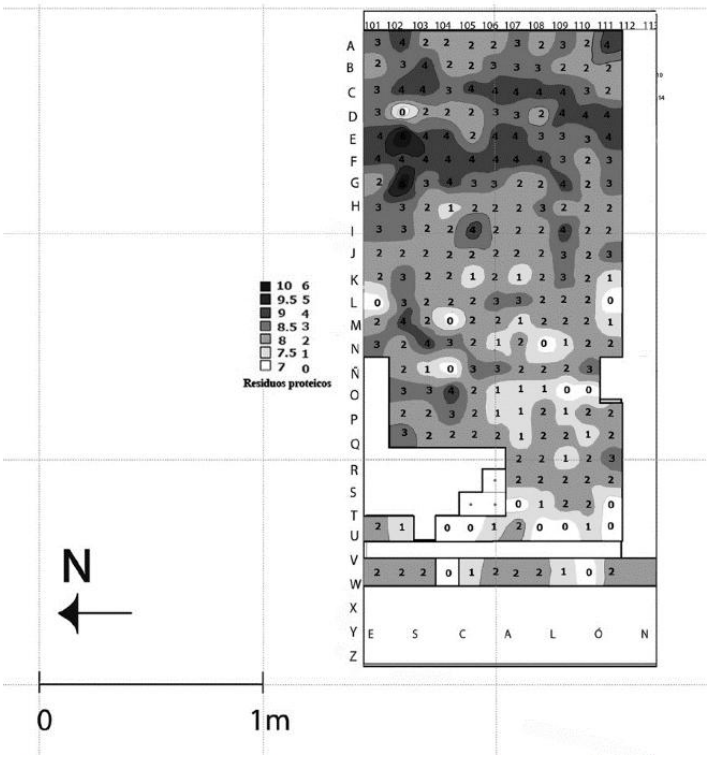

Figura 13. Mapa de la distribución de residuos proteicos dentro de la Tumba M50 [Piso 1] en el Edificio 41 del Conjunto arquitectónico del Edificio de las Columnas. Dibujo de Said Rico que incluye el mapa de Agustín Ortiz y Meztli Hernández, 2019 (tomado de Pascual *et al.,* 2023: 16)

Santa Ana Tlacotenco, Milpa Alta, Cd. de México

Ulterior al estudio de varios casos arqueológicos en el 2015 se tuvo la oportunidad de excavar un mamut en el poblado de Santa Ana Tlacotenco, en la alcaldía Milpa Alta, hasta el momento el ejemplar más sureño localizado en la Cuenca de México. Dicho animal presentó la particularidad de que, a diferencia de la mayoría de los mamuts que se han encontrado empantanados en el lecho lacustre a 2300 msnm, el de Milpa Alta fue localizado a 2800 msnm muy cercano al volcán San Miguel y cubierto totalmente por ceniza volcánica (Ortiz *et al.*, 2015: 12).

Después de realizar un examen detallado mediante técnicas geofísicas para conocer el tamaño y ubicación exacta del cuerpo del mamut para proponer el área de excavación (Blancas *et al.*, 2015), se tomaron muestras desde la superficie antes de que aparecieran los restos óseos para tener un contraste de los valores de la zona superior con lo que se obtendría cerca a los huesos del mamut a partir de las pruebas de *spot test* (Barba *et al.*, 2015: 87) (Figura 14).

Figura 14. Muestreo de la superficie antes de la excavación del mamut en Santa Ana Tlacotenco (fotografía de A. Ortiz, laboratorio de prospección arqueológica)

Durante el proceso de excavación se observó que los restos del mamut se encontraban dentro de una depresión, directamente sobre el paleosuelo y cubiertos por ceniza volcánica, por tanto la hipótesis a verificar, mediante el análisis de sus residuos químicos, fue comprobar

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

si posterior a su muerte el mamut fue cubierto inmediatamente por la ceniza, su descomposición ocurrió dentro de esa matriz y así los valores de sus residuos químicos permanecieran bien conservados; a diferencia de si se descompuso al aire libre, bajo el sol y lluvias, a expensas de los depredadores y debido a esto los valores químicos se observarían más degradados.

Distinto al muestreo de un piso o de una tumba que normalmente se representa en un sólo plano, en esta ocasión por el volumen del mamut se tomaron ejemplares desde la superficie hasta la última capa donde aparecieron los huesos; por consiguiente, hubo la necesidad de realizar una matriz de tres dimensiones que incluyó coordenadas X, Y y Z de cada ejemplar, así como cada uno de los valores de los indicadores químicos con la finalidad de crear un mapa tridimensional (*Ibídem*) (Figura 15).

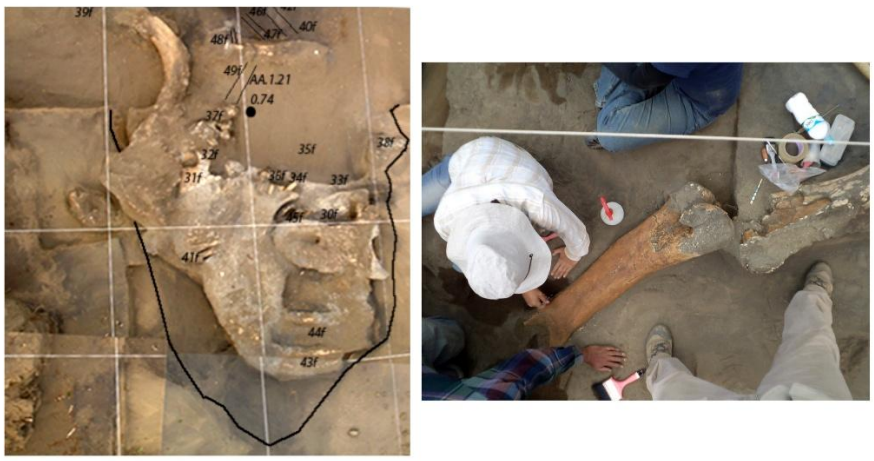

Figura 15. Muestreo del mamut dentro de la depresión en Santa Ana Tlacotenco (fotografía de A. Ortiz, laboratorio de prospección arqueológica)

Para ello se utilizó la aplicación *Voxler* (2012) de visualización tridimensional que permitió manejar cuatro variables y ubicarlas en un espacio tridimensional que indicaría el contexto de enterramiento. Como en todos los casos observados en el artículo, la intensidad del color representa el aumento de los valores en cada uno de los residuos analizados (Barba *et al.*, 2015: 93).

En la interpretación de los resultados se tenían pocas expectativas con el análisis de fosfatos pues la ceniza volcánica los presenta en gran cantidad de manera natural, sin embargo, la investigación evidenció que los restos del mamut ubicados dentro de la depresión ostentaron valores aún más altos, indudablemente relacionados con la descomposición de los órganos internos del mamut (Figura 16).

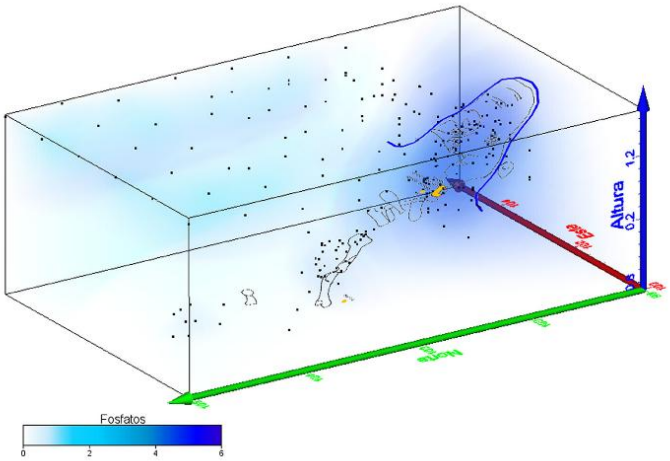

Figura 16. Distribución de valores de fosfatos de los restos del mamut de Santa Ana Tlacotenco (tomado de Barba *et al.*, 2015: 95)

El enriquecimiento de carbohidratos dentro de la zona de la depresión donde el cuerpo del mamut se descompuso parece sugerir el mismo patrón de adquisición que los fosfatos. Además, es conocido que este tipo de proboscidios, a semejanza de los elefantes actuales, podían ingerir más de 200 kg de pastos diariamente, lo que se sumaría a la descomposición de los órganos internos del mamut por la gran cantidad de celulosa fermentada en sus vísceras (Figura 17).

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

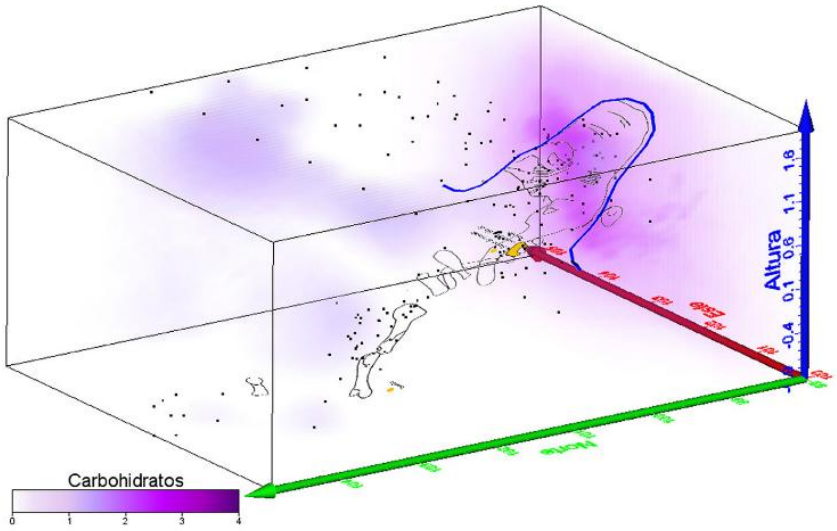

Figura 17. Distribución de valores de carbohidratos de los restos del mamut de Santa Ana Tlacotenco (tomado de Barba *et al.*, 2015: 94)

En el mapa de residuos proteicos se pueden notar florecimientos desde capas más superficiales, quizás debidas a la presencia de fertilizantes con amonio, ya que el área de excavación originalmente estaba cubierta por cultivos de maíz (Figura 18). Sin embargo, fue evidente que el aumento del enriquecimiento dentro de la depresión es provocado por la descomposición del cuerpo del mamut (*Ibidem*: 95).

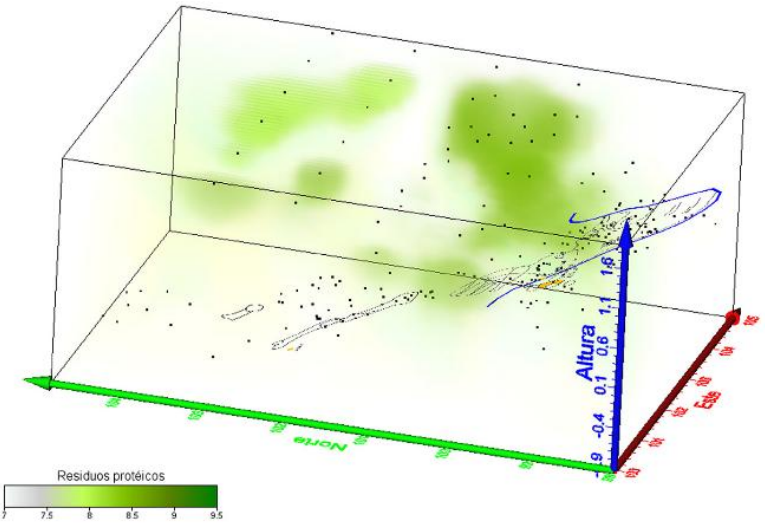

Figura 18. Distribución de valores de residuos proteicos de los restos del mamut de Santa Ana Tlacotenco (tomado de Barba *et al.*, 2015: 94)

De este modo, a pesar de la antigüedad del animal de 18,460 BP según el análisis de AMS de la dentina de uno de sus molares (Beramendi y González, 2015: 201) y encontrarse en un contexto de ceniza volcánica donde se esperaría que se hubiesen lixiviado los residuos químicos, éstos se encontraron en muy buen estado de conservación. Lo cual se explica, por un lado, por la masividad del cuerpo del mamut y, por otro lado, porque la descomposición del mamut ocurrió dentro de la matriz de ceniza volcánica y no a la intemperie (Barba *et al.*, 2015: 97).

Caso Forense

Tras colaborar en varios proyectos arqueológicos y paleontológicos, además de participar de forma teórica en proyectos, cursos y diplomados para arqueólogos en contextos forenses,[2]

[2] Proyecto "Los restos óseos de dos templos coloniales del estado de Hidalgo, desde una perspectiva bioantropológica y forense" en Caltimacán, Tasquillo, Hidalgo (19 de abril de 2007); Curso: Diplomado en Arte Forense. Sesión Arqueología. Módulo: Antropología en la Escuela de San Carlos y la Escuela nacional de Artes Plásticas, UNAM (2008); estudio de los residuos químicos aplicados a la antropología forense en Universidad Autónoma del Estado de México en licenciatura; Primer Congreso Nacional de Seguridad

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

finalmente en 2015 llegó un caso forense real al Laboratorio de Prospección Arqueológica. Se trataba de una sección de un cuerpo humano localizado en un contexto alterado dentro de una zona de cultivo. En dicho espacio se logró excavar sistemáticamente un pequeño bulto segmentado en dos partes, donde aún se podían apreciar algunos fragmentos de hueso.

En este caso la pregunta de investigación fue: ¿Qué tipo de información se puede sacar mediante las técnicas de spot test de un pequeño fragmento de evidencia? Otra pregunta era, al tratarse de un caso reciente, ¿Los valores en los residuos orgánicos serán más fuertes que los observados en casos arqueológicos?

Se realizaron todos los análisis de rutina del laboratorio y de inmediato se observó que las dos porciones fragmentadas se comportaban de manera diferente. En general, la porción izquierda presentaba una mejor preservación de los residuos y la porción derecha revelaba una disminución de los valores a excepción de los fosfatos (Figura 19).

Ciudadana, México, 2015; “Arqueología Forense” en la Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez (13 y 14 octubre de 2017).

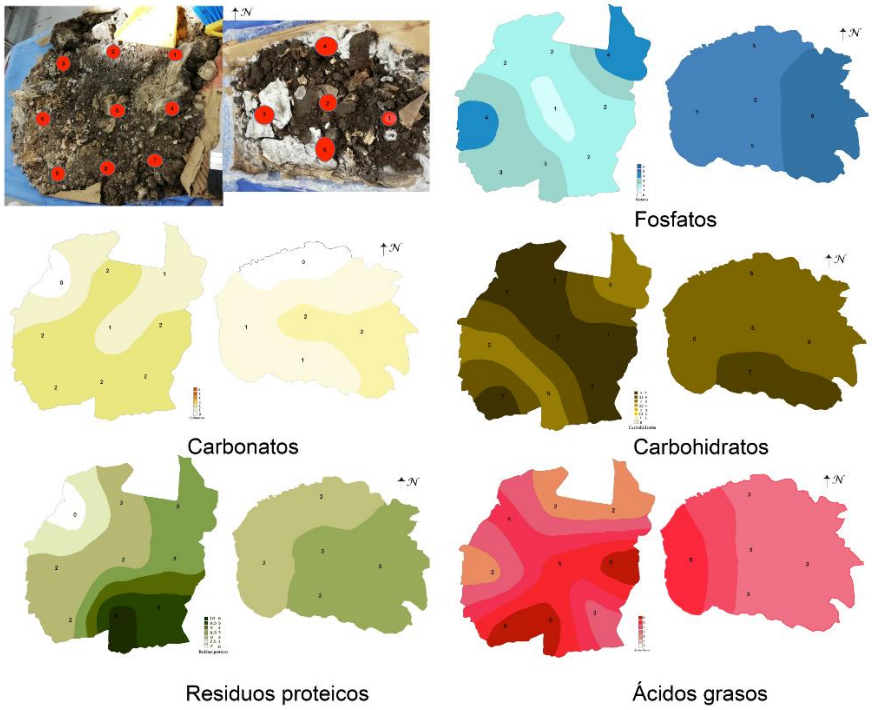

Figura 19. Resultados de los valores en los residuos químicos en ambas porciones

De todos los análisis realizados resultaron particularmente interesantes los valores de pH, ya que un cuerpo humano puede exhibir diferentes valores; por ejemplo: saliva 7-7.4, orina 4.5-8, sangre 7.35-7.45 y piel 4.5-5.75. No obstante, al estudiar los valores de pH de ambos segmentos se observó que la porción izquierda presentaba valores de 1-3 y la porción derecha valores de 0. Por tanto, fue evidente que quien perpetró este acto, trató de desaparecer el cuerpo arrojándole ácido (Figura 20).

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

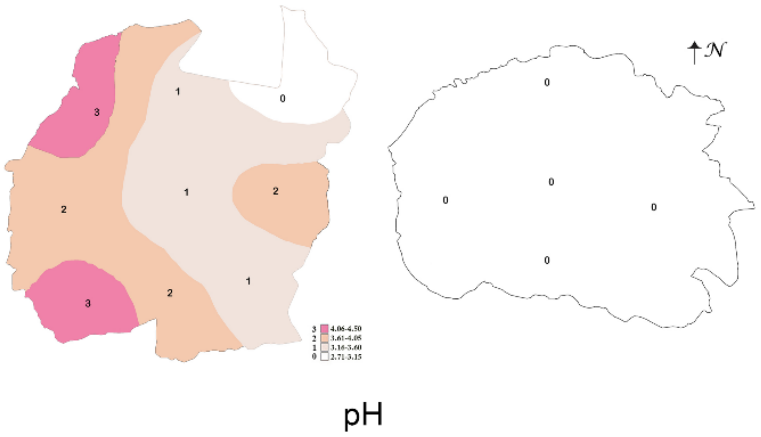

Figura 20. Resultados de los valores de pH de ambas porciones

Para complementar el estudio, restaba la posibilidad de tratar de averiguar qué tipo de ácido se utilizó al verterlo sobre el cuerpo del individuo. De este modo, mediante pruebas específicas, resultaría que si lo que se utilizó fue ácido sulfúrico (H2SO4) se obtendrían sulfuros-sulfatos, si fue ácido nítrico (HNO3) se obtendrían nitratos y, finalmente, si se utilizó ácido clorhídrico (HCl) se obtendrían cloruros.

En este caso se utilizó la prueba de cloruros mediante una reacción con nitrato de plata y ácido nítrico, los cuales dieron como resultado un precipitado blanco en el fondo como respuesta positiva (Barba *et al.*, 1991: 19). Restaba saber qué tipo de ácido clorhídrico fue utilizado, pues el reactivo analítico es bastante caro; empero, el ácido muriático (ácido clorhídrico industrial) es fácil de conseguir en cualquier ferretería, relativamente barato y muy corrosivo, por lo que se concluyó que éste fue el que se vertió sobre el cuerpo, sobre todo en la porción derecha ya que todos los valores de los residuos disminuyeron excepto los fosfatos. Al respecto es importante recordar que el fósforo proviene de tejidos como el óseo,

y que una de sus particularidades muy importante en su forma de fosfato es su gran estabilidad química, lo que significa que permanece durante mucho tiempo en el sitio en el que se depositó (Barba *et al.,* 1991: 16) y, en consecuencia, al parecer los fosfatos de la muestra se mantuvieron más altos en la porción derecha, posiblemente porque en dicho sector pudieron haberse localizado parte de las vísceras que enriquecieron este sector más que la porción izquierda y, al ser los fosfatos muy estables, con seguridad se vieron menos afectados por la acción del ácido.

Conclusiones

Es muy interesante observar que después de más de 40 años de aplicación de estas pruebas tan sencillas, rápidas y de bajo costo sigan más vigentes que nunca en la Arqueología y, dada su versatilidad, puedan extender su aplicación también al ámbito forense.

Este tipo de estudios, por una parte, pretende contribuir a la comprensión de los patrones de enriquecimiento provocados por la descomposición de cuerpos estén o no presentes, independientemente de su antigüedad. Para ello es importante, como ya se observó en los casos anteriores, realizar un muestreo detallado y sistemático.

El pH del suelo, sea alcalino o ácido, permitirá valorar la conservación de los restos, los procesos de saponificación y descomposición del cadáver dejarán su rastro en el suelo, que será revelado a partir de la presencia de los residuos orgánicos como las proteínas, ácidos grasos y carbohidratos, asimismo de fosfatos y carbonatos.

Por otra parte, es importante completar los análisis de *spot test* con análisis cuantitativos instrumentales para tener la certeza en la interpretación pues, como se mencionó al principio del artículo, ambos tipos de exámenes son necesarios en diferentes momentos de la investigación, para una mejor lectura multidisciplinaria. Al respecto, dado que la descomposición química de un cadáver provoca incremento de carbono y nutrientes en el suelo como: fósforo, calcio, potasio y magnesio, cambios en el pH, así como incremento de

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

nitrógeno, parece conveniente complementarlo con estudios de XRF; sin embargo, dado que esta prueba no estudia elementos orgánicos, la observación con cromatografía podría ser una solución a eso.

Por último, es altamente satisfactorio que este tipo de pruebas de residuos químicos, como los análisis de *spot test*, puedan sumarse a la metodología de estudio del ámbito forense en campo o en laboratorio, junto con otras evaluaciones físicas como lo son los ensayos de penetración con penetrómetro y nucleadores, aparte de observaciones geofísicas como tomografía eléctrica, georradar, detector de metales e incluso detector de gas metano y, de esta forma, contribuir a una problemática desgraciadamente cada vez más cotidiana en nuestro país, pues como se reflejó en los ejemplos anteriores es posible mediante este tipo de pruebas reconocer enriquecimiento de residuos químicos relacionado con la descomposición de cadáveres. Así, entre más recientes sea el evento de enterramiento, más clara será la huella química; pero, como demostró el ejemplo del mamut, los residuos de este tipo pueden perdurar a través del tiempo. Asimismo, casos como el de Tajín pueden ayudar a reconocer tumbas aún sin contar con los restos óseos.

Referencias

Barba Pingarrón, Luis (1980). "El estudio de fosfatos como herramienta de prospección y delimitación". *Memorias de la XVI mesa redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología*. VII, pp: 267-274.

(1986). "La química en el estudio de áreas de actividad". En Manzanilla, L. (ed.). *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*.

México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 21-39.

(2007). "Chemical Residues in Lime-Plastered Archaeological Floors", *Geoarchaeology*, 22 (4), pp. 439-452.

Barba, Luis; Linares, Eliseo, y Pérez, Guillermo (1991). "Estudio químico de tumbas saqueadas". *Revista mexicana de estudios antropológicos*, 36, pp. 9-24.

Barba, Luis; Rodríguez, Roberto, y Córdova, José L. (1991). *Manual de técnicas microquímicas de campo para la Arqueología*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas (Cuadernos de investigación), Universidad Nacional Autónoma de México.

Barba, Luis y Ortiz, Agustín (1992). "Análisis químico de pisos de ocupación. Un caso etnográfico en Tlaxcala, México" *Latin American Antiquity*, 3(1), USA: Journal of the Society for American Archaeology, pp. 63-82.

Barba, Luis; de Pierrebourg, Fabienne; Trejo, Claudia; Ortiz, Agustín, et Link, Karl (1995). "Activités humaines refletees dans les sols d'unités d'habitation contemporaine et préhispanique du Yucatán (Mexique): Etudes chimiques, ethnoarchéologiques et archéologiques". *La Revue d'Archéométrie*. Francia: Université de Rennes I, pp. 79-95.

Barba, Luis; Ortiz, Agustín; Link, Karl; Lazos, Luz, y López Luján, L. (1997). "La arquitectura sagrada y sus dioses. Estudio geofísico y químico de la Casa de las Águilas, Tenochtitlan, México". *Revista de arqueología española* año XVIII, octubre. Madrid, España, pp. 44-53.

Barba, Luis; Ortiz, Agustín, y Pecci, Alessandra (2014). "Los residuos químicos. Indicadores arqueológicos para entender la producción, preparación, consumo y almacenamiento de alimentos en Mesoamérica". *Anales de Antropología* 48-1. UNAM, pp. 201-240.

Barba, Luis; Ortiz, Agustín; Blancas, Jorge; Hernández, Meztli, y Obregón, Mauricio (2015). "Residuos químicos y el contexto de enterramiento". En Barba, Luis (ed.). *Estudios interdisciplinarios sobre un mamut y su contexto*. Red CONACYT, pp. 81-98.

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

Beramendi Orosco, Laura E. y González Hernández, Galia (2015). "Apéndice. Calibración de las asociadas al mamut". En Barba, Luis (ed.). *Estudios interdisciplinarios sobre un mamut y su contexto*. Red CONACYT, pp. 201-206.

Blancas, Jorge; Barba, Luis, y Ortiz, Agustín (2015). "Estudios geofísicos de un mamut encontrado en contexto volcánico". En Barba, Luis (ed.). *Estudios interdisciplinarios sobre un mamut y su contexto*. Red CONACYT, pp. 29-49.

Cabrero, Ma. Teresa y López, Carlos (1993). "Hallazgo de una tumba de tiro sellada en el Cañón de Bolaños". *Antropológicas* No. 8. México: Nueva Época. UNAM, pp. 74-78.

Cabrero, Ma. Teresa (1995). "Informe técnico de la octava temporada al Consejo de Arqueología". Archivo técnico del INAH.

Cabrero, Ma. Teresa y López, Carlos (1997). *Catálogo de piezas de las tumbas de tiro del Cañón de Bolaños*. México: UNAM.

Ceballos, Xanti; Tsukamoto, Kenichiro; Ortiz Butrón, Agustín; Barba, Luis, y Vázquez Villegas, Araceli (2023). "Ancient Maya Standard-Bearers Foodways: Chemical Residue Analyses of Ceramic Vessels at the Guzmán Group of El Palmar, Campeche, Mexico". *The Mayanist* Vol. 4, No. 2, pp. 73-92.

Córdova Frunz, José Luis (2023). "Del análisis de campo al análisis instrumental, 40 años". *Jornadas sobre trabajo interdisciplinarios. Ponencia presentada en los 40 años del Laboratorio de Prospección Arqueológica IIA*. UNAM, 6-9 de marzo de 2023.

Delgadillo Torres, Rosalba y Santana S., Andrés (1991). "Ofrendas y prácticas funerarias". En García, Cook y Carrion, Merino (eds). *Tlaxcala textos de su historia 2. Los orígenes,*

Arqueología. México: Gobierno del Estado de Tlaxcala. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, pp. 696-700.

Delgadillo Torres, Rosalba y Santana S., Andrés (1995). "Los entierros humanos de Cacaxtla, Tlaxcala". En García, Cook y Carrion, Merino (eds). *Antología de Cacaxtla*. Volumen II. Colección Antologías. México: IINAH, pp. 56-77.

Getino, Fernando y Ortiz, Agustín (1998). "La actividad ritual a nivel de barrio: el momoztli de Palma y Venustiano Carranza". En *Arqueología,* No. 18, segunda época, jul-dic 1997. México: INAH, pp. 119-138.

Gómez-Moliné, Margarita Rosa; Rojas-Hernández, Alberto, y Ramírez-Silva, María Teresa (2009). "El constructivismo y la química analítica del profesor Gaston Charlot". En *Educación Química*, V. 20 No. 2. UNAM, pp. 192-197.

Guilbaud, Marie-Noëlle; Arana-Salinas, Lilia; Siebe, Claus; Barba, Luis, y Ortiz, Agustín (2015). "Origen de la ceniza volcánica que sepultó los restos fósiles de un Mammuthus Columbi cerca de Santa Ana Tlacotenco, en la Sierra Chichinauttzin al sur de la Cuenca de México". En Barba, Luis (ed.). *Estudios interdisciplinarios sobre un mamut y su contexto*. Red CONACYT, pp. 145-170.

López Varela, Sandra; Ortiz, Agustín, and Pecci, Alessandra (2005). "Ethnoarchaeological Study of Chemical Residues in a "Living" Household in Mexico". *Proceedings of the 33rd Symposium on Archaeomtery*, April 2002, Amsterdam. En Kars, H. and Burke, E. (eds). *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 3*. Amsterdam: Vrije Universiteit, pp. 19-22.

Méndez Torres, Enrique; Acosta, Guillermo, y Ortiz, Agustín (2011). "Ritualidad y vida cotidiana: Análisis químicos de vasijas domésticas en depósitos cerámicos de cuevas zoques. Arqueología de la vida cotidiana. Espacios Domésticos y áreas de actividad en el México antiguo y otras zonas culturales". *VII Coloquio Pedro Bosch Gimpera*. Vol. 1. IIA-UNAM, pp. 279-297.

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

Novillo Verdugo, Miguel Ángel y Esparza López, Rodrigo (2016). "Análisis químico y de almidones en la determinación de usos de tinajas arqueológicas en el sitio Guachimontones (México)". *Arqueología Iberoamericana,* 29. México: Centro de estudios arqueológicos, El Colegio de Michoacán, A. C., pp. 57–61.

Núñez Cortés, Yajaira; Barba Pingarrón, Luis (2023). "Aproximación a las prácticas culinarias en Lomas Entierros, Costa Rica: Una perspectiva desde el análisis de residuos químicos en recipientes cerámicos". *Trace* 84, CEMCA, julio 2023, pp. 131-161.

Obregón, Mauricio; López, Francisco; Acosta, Guillermo; García, Víctor Hugo; Barba, Luis, y Ortiz, Agustín (2020). "Los residuos químicos de recipientes cerámicos empleados en la producción de miel de la abeja nativa (Meliponini) En la Sierra norte-oriente de Puebla. Un estudio etnoarqueológico". En Castillo, Mario Alberto (coord.). *Estudio transdisciplinario de meliponicultura en la región de Cuetzalan, Puebla. Análisis etnocientífico, etnoarqueológico y etnobiológico de la producción de miel virgen*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, pp. 97-110.

Obregón, Mauricio y Barba, Luis (2021). "Identificación de residuos de cenizas y sangre en cazuelas, sahumadores y braseros arqueológicos de Santa Cruz Atizapán". En Sugiura; Jaimes, y Pérez Ortiz (coords.). *El estudio de la cerámica cotidiana del Valle de Toluca desde una perspectiva arqueométrica*. El Colegio Mexiquense, A. C., pp. 137-150.

Ortiz Butrón, Agustín (1991). "El uso de los análisis químicos en arqueología. Estudio químico en Oztoyohualco". *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana,* No. 15. Jornadas de Arquitectura Prehispánica en Mesoamerica II, Homenaje a Ricardo de Robina. México: Facultad de Arquitectura UNAM, pp. 41-50.

Ortiz, Agustín y Barba, Luis (1992). "Estudio químico de los pisos del Satunsat en Oxkintok, Yucatán", *Oxkintok*, 4, pp. 26-119.

Ortiz Butrón, Agustín (1996). "Estudio químico del piso de la tumba 3. Bolaños, Jalisco". Ponencia presentada en la *XXIV Mesa redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología* Tepic, Nayarit, 5-11 agosto de 1996.

Ortiz, Agustín y Terreros, Martín (2007). "Interpretación de residuos químicos en los pisos del Palacio, Cacaxtla, Tlaxcala". Ponencia presentada en el marco de la *XXVIII Mesa redonda de la Sociedad mexicana de Antropología* "Derechos Humanos: Pueblos indígenas, cultura y nación". Colegio de San Ignacio de Loyola, Vizcaínas, 6-10 agosto 2007.

Ortiz, Agustín (2012). "Estudio químico de los pisos del subconjunto este del Gran Basamento de Cacaxtla a través de pruebas spot test y XRF para la determinación de áreas de actividad". Ponencia presentada en el *Congreso Interno del IIA*, UNAM, 3-5 octubre de 2012.

Ortiz Butrón, Agustín (2015). "Determinación de las características de un barrio teotihuacano con arqueometría. El caso de Teopancazco". Tesis doctoral en Antropología por la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.

Ortiz, Agustín; Arroyo, Joaquín; Barba, Luis, y Blancas, Jorge (2015). "Problemática de excavación del contexto *Mammuthus columbi* y su interpretación". En Barba, Luis (ed.). *Estudios interdisciplinarios sobre un mamut y su contexto*. Red CONACYT, pp. 51-80.

Ortiz, Agustín; Barba, Luis, y Pecci, Alessandra (2017). "Lo tangible de lo intangible: los residuos químicos como medio para estudiar las actividades rituales del pasado". Capitulo 8. En Ortiz, Agustín (ed.). *Las ciencias aplicadas al estudio del patrimonio cultural*. México: Red de ciencias aplicadas a la investigación y conservación del patrimonio cultural. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, pp. 223-260.

Ortiz, Agustín; Pecci, Alessandra, y Barba, Luis (2018). "Las actividades del centro de barrio de Teopancazco a partir de sus residuos químicos". En Manzanilla, Linda R. (ed.).

Revista
CHICOMOZTOC
ISSN 2992-7188

Teopancazco como centro de barrio multiétnico de Teotihuacan. los sectores funcionales y el intercambio a larga distancia. Primera parte. Teopancazco y sus sectores Funcionales. Dirección General de Asuntos del Personal Académico-Instituto de Investigaciones Antropológicas Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 83-156.

Ortiz, Agustín; Barba, Luis; Terreros, Martín; Jiménez, Berenice; Vázquez, Lorena; Barrera, Raúl, y Aguayo, Estíbaliz (2019). "Análisis químico de las ofrendas recuperadas en La Plaza Manuel Gamio". En López Luján, Leonardo y Chávez Balderas, Ximena (coords.). *Al pie del Templo Mayor en Tenochtitlan. Estudios en honor de Eduardo Matos Moctezuma*. (Volumen II). El Colegio Nacional, pp. 85-108.

Ortiz Butrón, Agustín (2021). "Las bebidas rituales en Mesoamérica". En *Arqueología Mexicana*. Comidas rituales de México y Guatemala. De la época prehispánica a la actualidad. Vol. XXVIII Núm. 168, pp. 40-49.

Pascual Soto, Arturo; Barba Pingarrón, Luis, y Cerritos Flores, René (2023). "Linajes y señores en El Tajín del periodo Epiclásico. Una tumba en el Conjunto arquitectónico del Edificio de las Columnas". *Anales de Antropología* 57-1, enero-junio 2023, pp. 9-17.

Pecci, Alessandra y Ortiz, Agustín (2001). "El estudio de estructuras arqueológicas del centro de México a través del análisis químico de sus pisos". En *Quaderni di Thule, n. I, Atti del XXIII Convegno Internazionale di Americanistica*. Perugia, Italia: Argo Editore, 4-6 de mayo 2001.

Pecci, Alessandra; Valdambrini, Chiara, y Bellucci, Valentina (2007). "Analisi delle sepolture di San Pietro (Grosseto) e Castel di Pietra (Gavorrano, GR): distribuzione spaziale dei residui organici", *Atti del IV Congresso Nazionale AIAR*, Pàtron, Bolonia, pp. 731-739.

Pérez Ortiz de Montellano, Kenia; Hernández Martínez, y Obregón Cardona, Mauricio (2021). "Aproximación al uso cotidiano de recipientes cerámicos: El estudio sistemático de residuos químicos, Santa Cruz Atizapán en el Valle de Toluca". En Sugiura; Jaimes, y Pérez Ortiz (coords.). *El estudio de la cerámica cotidiana del Valle de Toluca desde una perspectiva arqueométrica*. El Colegio Mexiquense, A. C. pp. 117-133.

Rivera Dorado, Miguel y Ferrándiz Martín, Francisco (1988). "Excavaciones en el Satunsat". *Oxkintok* 2. Madrid: Misión arqueológica de España en México. Proyecto Oxkintok, pp. 63-75.

Zacarías Salcedo, Héctor Mizraim; Ortiz Butrón, Agustín; Hernández Grajales, Meztli; Padilla Gutiérrez, Eliseo Francisco (2024). "¿Qué contenían las vasijas Capacha? Un análisis exploratorio por medio de residuos químicos". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* / 76 (2) / A210324 / 2024.