

Fecha de recepción: 20 de mayo de 2013.  
Fecha de aceptación: 4 de octubre de 2013.

## LOS RESIDUOS QUÍMICOS. INDICADORES ARQUEOLÓGICOS PARA ENTENDER LA PRODUCCIÓN, PREPARACIÓN, CONSUMO Y ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS EN MESOAMÉRICA

*Luis Barba Pingarrón*

*Agustín Ortiz Butrón*

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.  
Laboratorio de Prospección Arqueológica

*Alessandra Pecci*

Università della Calabria, Dipartimento di Biologia, Ecologia, Scienze della Terra

*Resumen:* La alimentación es uno de los temas que recientemente ha merecido mayor atención en el medio antropológico. El trabajo aquí presentado propone una nueva forma de aproximarse al estudio de la alimentación en el pasado. Esto es a partir de un indicador que resulta invisible e intangible ya que se aprovecha la información proporcionada por los residuos químicos atrapados y preservados en los poros de materiales como los pisos y las cerámicas. Para poder interpretar esta información se hace necesario contar con datos de referencia acumulados a partir de estudios etnoarqueológicos y de experimentos en el laboratorio bajo condiciones controladas. El trabajo realizado en las últimas tres décadas permite ahora aproximarnos al estudio de los espacios arquitectónicos utilizados para preparar los alimentos, a la identificación de los recipientes utilizados para su almacenamiento o preparación y en ocasiones a la identificación de sustancias remanentes de los alimentos originales.

*Palabras clave:* residuos químicos; alimentos; pisos; recipientes cerámicos; áreas de actividad.

## CHEMICAL RESIDUES. ARCHAEOLOGICAL INDICATORS TO UNDERSTAND FOOD PRODUCTION, PREPARATION, CONSUMPTION, AND STORAGE

*Abstract:* Food practices has been one of the themes that have recently deserved more attention in anthropology. The paper suggests a new way of approaching the study of food practices in the past, based on an indicator not visible nor tangible: the information provided by the chemical residues preserved inside the pores of materials such as floors and ceramics. To interpret this information it is necessary take into account reference data that come from ethnoarchaeological and experimental studies carried out in controlled conditions in the laboratory. The work carried out during the last three decades allows approaching the study of architectural spaces used for food preparation, the identification of ceramics used for storage or cooking and sometimes the identification of the food originally processed.

*Keywords:* chemical residues; food; floors; pottery; activity areas; ethnoarchaeology.

## INTRODUCCIÓN

En años recientes el uso de los residuos químicos en pisos y cerámicas arqueológicas como parte de la investigación arqueológica se ha visto favorecido por los buenos resultados obtenidos. Los análisis de residuos químicos impregnados en los poros de pisos y cerámica se insertan en el estudio de las actividades cotidianas de los habitantes del pasado y pueden ser considerados parte importante de la investigación dirigida a individualizar áreas de actividad en el interior de los espacios arquitectónicos, así como para definir el uso y la funcionalidad de los recipientes cerámicos.

Desde hace treinta y cinco años, el análisis de residuos químicos en los pisos de estructuras mesoamericanas ha sido un instrumento importante para el conocimiento de las actividades humanas (Barba y Bello 1978). Este tipo de investigación se basa en el hecho de que los líquidos empleados o producidos por las diferentes actividades, al caer al piso, son absorbidos y protegidos en el interior de los poros de los materiales sobre los que caen y quedan preservados de tal forma que pueden ser analizados mucho tiempo después del momento de su depósito (Barba 1986, 2007).

Debido a que las sustancias derramadas se mantienen en el lugar original donde las actividades humanas se llevaron a cabo y que, a diferencia de la mayoría de los materiales arqueológicos, los residuos permanecen *in situ*, éstos pueden ser considerados un marcador confiable para el estudio de la distribución espacial de las actividades, así como buenos indicadores de la función de los espacios estudiados (Barba 1986, 2007; Barba y Lazos 2000; Ortiz y Barba 1993). Recientemente, el análisis de pisos se ha llevado a cabo exitosamente sobre superficies estucadas; sin embargo, el estudio arqueológico y etnoarqueológico de apisonados de tierra ha demostrado que también pueden ser estudiados pues retienen los residuos químicos (Barba y Ortiz 1992; Middleton *et al.* 2010; López Varela *et al.* 2005).

El uso de los análisis de residuos químicos para fines arqueológicos ha rebasado los confines de Mesoamérica y se ha difundido también a otras áreas del mundo. En general, ha permitido interpretar áreas habitacionales (Barba 1986; Ortiz 1990; Manzanilla y Barba 1990; Middleton 2004; Middleton y Price 1996; Ortiz y Barba 1993; Pecci 2009a; Terry *et al.* 2004), áreas rituales (Barba *et al.* 1996; Barba *et al.* 2007; Getino y Ortiz 1998; Ortiz y Barba 1992; Pecci *et al.* 2010; Pecci y Cau 2012), áreas funerarias (Barba *et al.* 1991; Ortiz 1996; Pecci *et al.* 2007), posibles mercados (Dahlin *et al.* 2007; Wells 2004) y áreas productivas (Barba y Herrera 1988; Pecci 2007; Pecci *et al.* 2013a, 2013b).

Aunque en general, los análisis de los pisos se han llevado a cabo principalmente para identificar áreas de actividad de tipo doméstico y ritual; también es posible analizar los pisos de las áreas de producción de bebidas, como ha demostrado el caso reciente de estudio de un lugar de producción de pulque (Pecci *et al.* en prensa).

Para el estudio de las áreas de actividad desde el punto de vista químico, es importante tomar en cuenta las concentraciones relativas de los diferentes compuestos químicos estudiados y su asociación con los materiales culturales presentes. Por lo tanto, es importante plantear trabajos de tipo interdisciplinario en los que el estudio de los materiales arqueológicos se complementa con estudios de tipo paleobotánico, paleozoológico y químico.

Asimismo, para investigar la alimentación en el pasado se puede tomar en cuenta otro material importante: la cerámica que, al igual que los pisos de estuco, es un material poroso que absorbe las sustancias líquidas y semilíquidas con las que entra en contacto (Condamin *et al.* 1976). Esta propiedad ha sido empleada para obtener información sobre los contenidos en ella y, por lo tanto, sobre su función.

El análisis de los residuos en cerámica tiene aplicaciones en el estudio de la alimentación en el pasado, principalmente porque permite entender qué alimentos se producían, conservaban, cocinaban y transportaban en ésta. En particular el estudio de la cerámica de cocina permite evaluar los alimentos cocinados y la forma de cocción (Evershed 1993, 2008a; Chartres *et al.* 1993; Malainey *et al.* 1999a; Regert 2011), el estudio de la cerámica de almacenamiento y de servicio, entender los alimentos conservados y consumidos (por ejemplo, Barba 2009; Hurst *et al.* 2002; Pecci 2009b), mientras que el estudio de la cerámica de transporte permite obtener información sobre los alimentos transportados y comerciados en la antigüedad, como sugiere el estudio de las ánforas romanas en el Mediterráneo (Condamin *et al.* 1976; Garnier 2007; Garnier *et al.* 2011; Romanus *et al.* 2009; Pecci 2009b). Finalmente, el estudio de la cerámica en los lugares de producción de alimentos y bebidas (*i. e.* ánforas y *dolia* para la producción de vino y aceite en el Mediterráneo, o la cerámica pulquera en Mesoamérica) permite entender mejor la producción y distribución de tales sustancias.

Para la realización de estos estudios es esencial considerar que durante su fabricación las paredes de los recipientes cerámicos se someten a altas temperaturas y parten de una concentración de residuos orgánicos muy baja, a excepción de aquellas que hubieran sido impermeabilizadas con sustancias orgánicas, como resinas o la cera de abejas. De esta manera el uso de los recipientes puede enriquecer su contenido mediante la adición de sustancias químicas.

Como siempre, en el estudio del contenido de los recipientes cerámicos es conveniente integrar el resultado de los análisis químicos con el del otro material arqueológico y, cuando sea posible, con la iconografía y fuentes escritas.

Los residuos preservados en los recipientes cerámicos, en los pisos y depósitos tienen las siguientes características: son invisibles, son intangibles, se mantienen durante tiempo prolongado dentro de los poros y en condiciones normales son difíciles de remover (Barba 2009).

En el presente trabajo se exponen estudios de caso que incluyen el análisis químico de residuos en pisos y cerámica arqueológica los cuales han permitido la identificación de actividades y espacios destinados a la preparación y consumo de alimentos en Mesoamérica, tema de este volumen.

Como parte de este trabajo también se propone una metodología de estudio que ha sido utilizada en el Laboratorio de Prospección Arqueológica: trabajar paralelamente casos arqueológicos, etnoarqueológicos y experimentales, para que estos últimos permitan una mejor comprensión de los patrones de enriquecimiento de los pisos y cerámica y, en general, del comportamiento humano que queda reflejado en el registro arqueológico.

### TÉCNICAS ANALÍTICAS

A partir de 1978, cuando se realizó la primera aplicación, el Laboratorio de Prospección Arqueológica ha ido formando paulatinamente un grupo de pruebas químicas para detectar residuos orgánicos e inorgánicos, primero en suelos y pisos y más recientemente en cerámica (Barba 2007; Barba *et al.* 1991). Estas pruebas tienen la ventaja de poder procesar grandes cantidades de muestras en forma rápida, confiable y económica, lo que produce patrones de enriquecimiento químico para superficies de pisos o tendencias de enriquecimiento en grupos de cerámica tras analizar cientos de muestras.

Todas las muestras de pisos y cerámica presentadas en este artículo se han analizado con estas pruebas sencillas (*spot test*) para determinar la presencia de ácidos grasos, residuos proteicos, fosfatos y carbohidratos, según la metodología propuesta por Barba *et al.* (1991) y más tarde revisada por Barba (2007). Se trata de técnicas sencillas, semicuantitativas, para las que no es posible identificar las sustancias químicas presentes y su cantidad (*i. e.* determinar si las grasas son de origen animal o vegetal), pero han demostrado ser una de las mejores formas de detectar la presencia de residuos orgánicos. Permiten apreciar la abundancia relativa de los residuos químicos estudiados, proporcionando datos importantes sobre el uso de la cerámica y del espacio. Además, sus resultados han probado

que también pueden ser una buena forma de seleccionar las muestras susceptibles de ser analizadas con técnicas analíticas instrumentales y cuantitativas en etapas posteriores (Middleton *et al.* 2010). Estas técnicas ya han sido publicadas (Barba *et al.* 1991; Barba 2007), pero se describen brevemente a continuación:

*Determinación de fosfatos.* Se trata de una prueba colorimétrica semicuantitativa desarrollada por Eidt (1973, 1977). En esta prueba, se extrae el fosfato de la muestra por una reacción con ácido, mientras el molibdato disuelto reacciona y produce un fosfomolibdato amarillo. Finalmente se reduce con ácido ascórbico para formar compuestos de azul de molibdeno. La cantidad de fosfatos contenidos en la muestra se relaciona con la intensidad del color azul que aparece en la superficie de un papel filtro. Una vez que el color ha quedado fijo en el papel ya seco, se clasifica y se le asigna un valor entero entre 0 y 6.

*Determinación de residuos de proteína.* Los grupos amino de las proteínas se identifican mediante el calentamiento de la muestra con óxido de calcio, con la correspondiente liberación de amoníaco detectable con papel indicador de pH húmedo. Los valores que corresponden a 8 en la escala de colores del papel indicador ya indican presencia de residuos proteicos, pero en ocasiones pueden alcanzarse valores de 10.

*Determinación de ácidos grasos.* En esta prueba se extraen los ácidos grasos al agregar cloroformo a la muestra, calentándola, concentrándola y haciéndola reaccionar con hidróxido de amonio (25 %) para producir un jabón, y con peróxido de hidrógeno que al liberar oxígeno produzca espuma. Se atribuyen valores entre 0 y 3, según la cantidad de espuma producida que a su vez está directamente relacionada con la cantidad de ácidos grasos presentes en la muestra.

*Determinación de carbohidratos.* En general los residuos de carbohidratos producen compuestos coloridos al reaccionar con fenoles en un medio ácido. En esta prueba, los carbohidratos se hidrolizan a furfural o hidroximetilfurfural por la acción deshidratante del ácido sulfúrico concentrado y simultáneamente, gracias a una reacción de condensación con resorcinol, se generan compuestos coloridos. La cantidad de carbohidratos contenidos en la muestra se relaciona directamente con la intensidad del color rojizo generado y se le asigna un valor que va desde 0 a 4.

*Determinación de carbonatos.* La reacción de efervescencia de los carbonatos con los ácidos permite estimar la cantidad de espuma que produce una cantidad constante de polvo y de ácido que reaccionan en un tubo de ensayo. Esto permite nuevamente establecer una escala numérica entre 0 y 6 que indica la cantidad de carbonatos presentes en la muestra.

*Determinación del potencial de hidrógeno (pH).* Los valores de pH muestran la concentración de iones hidronio en solución y corresponden al valor que da el medidor de pH manteniendo una relación constante de muestra pulverizada y agua.

Para la representación gráfica de los análisis de las muestras del piso, los resultados se interpolan para obtener un mapa de distribución espacial por cada compuesto analizado. La coloración más oscura representa la zona de mayor concentración del indicador analizado. En el momento de hacer la interpretación hay que considerar tanto las áreas de concentración como las de ausencia de los indicadores, considerarlos en su conjunto y relacionarlos con la arquitectura y otro material arqueológico.

En algunos casos, las muestras pueden ser analizadas con cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Se trata de una técnica instrumental más específica que permite diferenciar entre grasas de origen animal y vegetal e identificar la presencia de residuos de sustancias, como el vino, resinas y los aceites de origen diferente. Básicamente el cromatógrafo de gases permite medir el tiempo que una molécula tarda en recorrer una columna de longitud definida y esta velocidad está directamente relacionada con el tamaño de la molécula orgánica. Cada molécula es posteriormente identificada gracias al espectrómetro de masas. Las muestras que se reportan en este artículo han sido preparadas siguiendo la metodología del extracto lipídico total desarrollada en el Laboratorio de Bristol (Mottram *et al.* 1999).

### ESTUDIOS ETNOARQUEOLÓGICOS

La interpretación de concentraciones químicas presentes en los pisos arqueológicos y en las cerámicas se apoya fundamentalmente en datos proporcionados por investigaciones de tipo etnoarqueológico y experimental. Tales investigaciones están dirigidas a determinar la relación entre los residuos químicos impregnados en los poros de los pisos y las vasijas y las actividades realizadas y observadas en ciertos espacios, por un lado, así como las sustancias contenidas en los poros de las vasijas, por otro.

En lo que concierne a los pisos, ha sido gracias a este tipo de investigaciones que se ha podido plantear que la distribución de compuestos químicos no es uniforme ni aleatoria, sino que está relacionada con las actividades humanas realizadas sobre ellos y que existe una relación entre los patrones de enriquecimiento químico y las actividades domésticas, rituales o productivas (Barba y Bello 1978; Barba y Ortiz 1992; Ortiz y Barba 1993; Middleton 2004; Wells y Moreno 2010; Pecci *et al.* 2013c, Pecci *et al.* en prensa). Aquí concentramos nuestra atención en

los resultados obtenidos en espacios relacionados con la producción, preparación y consumo de alimentos.

### *Tlaxcala (Tlaxcala)*

En 1978 se registró una casa habitada en San Vicente Xiloxochitla, Tlaxcala, y en ella se analizaron diferentes sectores. Entre ellos se encontraba una cocina, cuyos resultados dieron la pauta para la interpretación de las áreas de preparación y consumo de alimentos de los casos arqueológicos estudiados posteriormente (figura 1). En dicha cocina se registró por primera vez un fogón que presentó gran cantidad de ceniza que químicamente se vio reflejada por un incremento en los valores de pH, se observaron altos valores de carbonatos en la zona de preparación de nixtamal y tortillas (figura 2), además de altos fosfatos, residuos proteicos y ácidos grasos en la zona de consumo de alimentos (figura 3) (Barba y Bello 1978; Barba y Ortiz 1992).



Figura 1. Vista exterior de la cocina en San Vicente Xiloxochitla, Tlaxcala.

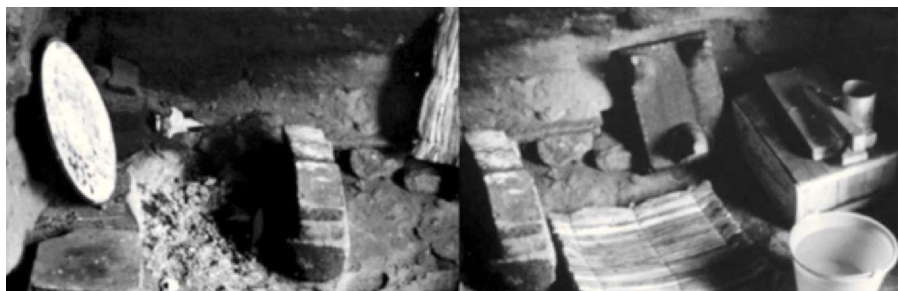


Figura 2. Área de fogón y de preparación de tortillas dentro de la cocina de San Vicente Xiloxochitla, Tlaxcala.

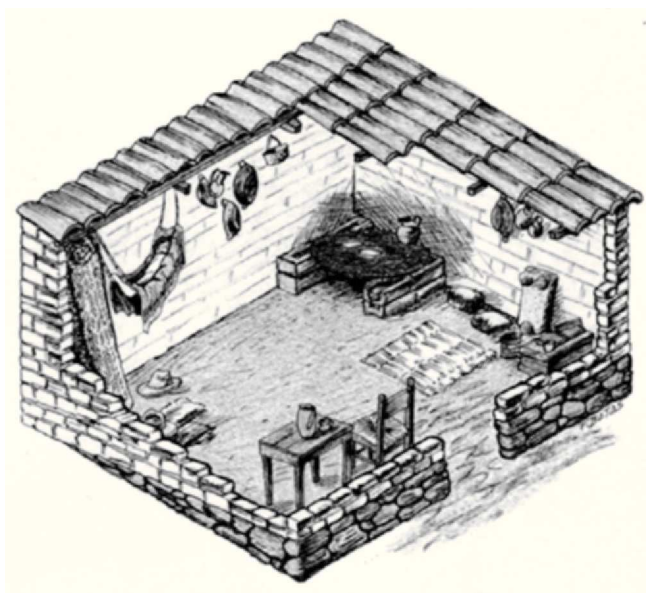


Figura 3. Reconstrucción de la cocina en San Vicente Xiloxochitla, Tlaxcala.

### *Muxucucab (Yucatán)*

En Muxucucab, como parte del estudio etnoarqueológico de un espacio residencial, se tuvo la oportunidad de analizar una de las estructuras dedicada a la preparación de los alimentos. Se notan los patrones de enriquecimiento con carbonatos acumulados por el desecho del agua de cal utilizada en el tratamiento del

maíz, pero además la presencia de otros indicadores químicos, como el fosfato, relacionado con la preparación y el consumo de los alimentos. Se ha vuelto a trabajar este sitio años después con técnicas analíticas instrumentales (ICP-OES) y la reinterpretación de sus resultados ha permitido confirmar muchos datos y contrastar los resultados provenientes de distintas técnicas (Barba *et al.* 1995; Pierrebough *et al.* 2001; Middleton *et al.* 2010).

### *Caltimacán (Morelos)*

En Caltimacán, Morelos, el estudio químico de una casa-taller de cerámica permitió la identificación de diferentes áreas de actividad. Entre ellas, se localizó el lugar donde se tiraba el agua de nixtamal, justo enfrente de la puerta de la cocina, así como las áreas de preparación de alimentos, caracterizadas por la presencia de residuos grasos, residuos proteicos, carbonatos y altos valores de pH (López *et al.* 2005; Pecci *et al.* 2011).

## EL ANÁLISIS DE LOS PISOS ARQUEOLÓGICOS RELACIONADOS CON ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN Y CONSUMO DE ALIMENTOS

El análisis de residuos en pisos arqueológicos llevados a cabo por el Laboratorio de Prospección Arqueológica ha abarcado numerosos sitios prehispánicos. Seleccionamos aquí algunos ejemplos particularmente significativos en lo que concierne al estudio de la preparación y consumo de alimentos.

### *Oztoyahualco (Teotihuacán)*

El conjunto departamental de Oztoyahualco fue excavado por Manzanilla (1993) y estuvo compuesto por tres unidades habitacionales contiguas caracterizadas a partir de la distribución de sus espacios y de sus áreas de actividad (Ortiz 1990). Para este trabajo se selecciona un solo cuarto (el 3/4 de la unidad habitacional 1) que fue interpretado como cocina, a partir tanto de la distribución de los residuos químicos como por el material arqueológico encontrado (figura 4). Si observamos los mapas de los resultados químicos podemos destacar que en el sector noroeste del cuarto se aprecia un aumento en los valores de pH. Asimismo, alrededor de esta zona hay una franja de altos valores de fosfatos, ácidos grasos y residuos proteicos. Este tipo de concentraciones químicas ha sido observado a nivel etnoarqueológico y muestra la presencia de zonas de preparación y consumo de alimentos, en las que la actividad de combustión está representada por el incremento en los valores

de pH, mientras que los desechos producidos por el consumo de los alimentos están representados por las concentraciones de fosfatos, ácidos grasos y residuos proteicos. La interpretación de que el cuarto 3/4 de Oztoyahualco fuera usado como cocina se refuerza arqueológicamente por el hallazgo de un metate y una vasija apoyados sobre la pared suroeste del cuarto (Ortiz 1990; Ortiz y Barba 1993). Además se localizaron en el mismo cuarto macrorrestos de *Zea mays*, *Amaranthus* y *Chenopodium*, que pudieron haber sido utilizados para la preparación de alimentos. Por otra parte, el registro paleozoológico indicó la presencia de grandes cantidades de lepóridos (liebres).

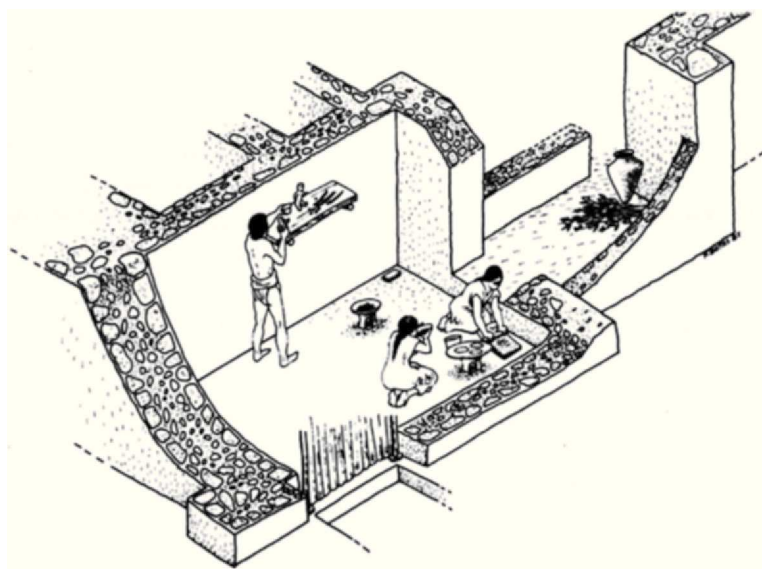


Figura 4. Reconstrucción hipotética de las actividades en la cocina de Oztoyahualco, Teotihuacán (tomado de Barba *et al.* 1987).

### *Teopanazgo (Teotihuacán)*

Linda Manzanilla ha excavado el centro del barrio Teopanazgo (en Teotihuacán) en el marco del proyecto Teotihuacán: élite y gobierno. Para este artículo seleccionamos un módulo (patio-pórtico-cuarto interior) donde tenemos evidencia de actividades relacionadas con la preparación y el consumo de alimentos, así como una hilera de cocinas exteriores (Pecci *et al.* 2010).

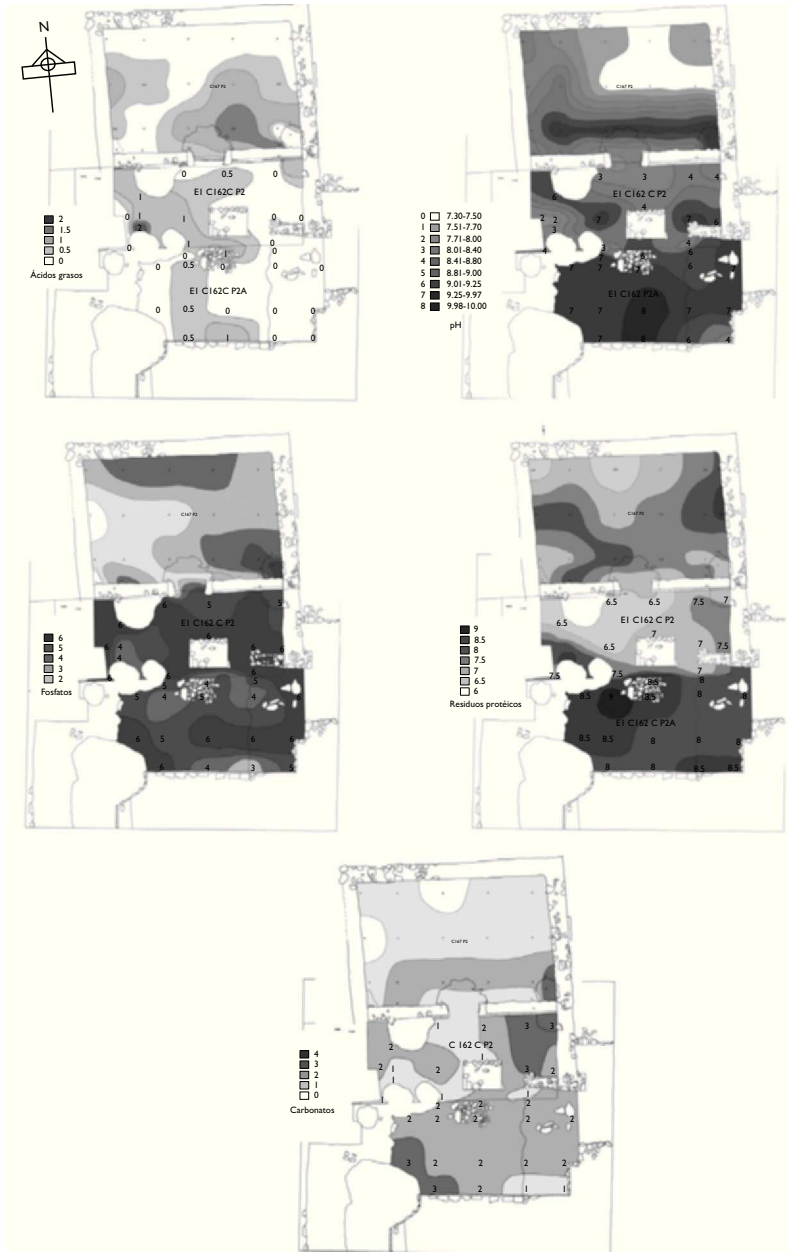


Figura 5. Distribución de residuos químicos en el piso del complejo cuarto-pórtico-patio de Teopancazco, Teotihuacán (tomado de Pecci et al. 2010).

El módulo está conformado por un cuarto interior (C162) de aproximadamente 4 x 3 m. Su puerta de acceso mira hacia el sur donde se accede al pórtico (C162 C P2) de aproximadamente 4 x 1.5 m que a su vez desciende mediante un pequeño escalón, hacia un patio hundido de 4 x 2 m (C162 C P1). En general las concentraciones químicas son más intensas en el patio que en los otros dos cuartos. A pesar de esto, en el interior del C162 existe una zona con valores altos de pH, asociada con enriquecimiento de fosfatos, ácidos grasos y residuos proteicos que caracterizan actividades de preparación y consumo de alimentos (figura 5). La zona con valores altos de pH está relacionada con la presencia de una depresión en el piso al sureste del cuarto, de 48 cm de diámetro por 18 cm de profundidad revestida de arcilla quemada (AA133), dentro de la cual se encontró gran cantidad de ceniza, carbón y piedra. Dentro de la depresión se hallaron fragmentos de cazuela y ollas, y los datos paleozoológicos reportan la presencia de huesos quemados de conejo, ave y tuza, lo que sugiere la existencia de una zona de preparación de alimentos, como ya lo mostraba el patrón químico obtenido, característico de este tipo de actividad. La identificación de carbón de encino en el área del fogón parece indicar que los teotihuacanos no utilizaron madera resinosa para la preparación de alimentos, sino carbón, cosa particularmente importante para espacios interiores en los que se quería evitar el problema del humo. Esto tiene relación con la existencia de pequeñas estufas portátiles de cerámica que, utilizando carbón para calentar, minimizan el daño a las superficies aplanadas con cal en las cocinas teotihuacanas.

En el resto del cuarto se encontraron fragmentos de figurillas títere y candeleros, asociados con puntas de proyectil, navajillas prismáticas y cerámica es-tucada. La presencia de este tipo de material, asociado con bajos valores químicos, puede indicar una doble función para este cuarto: por un lado, como zona de almacenamiento de elementos del ritual y, por otro, como zona de preparación y consumo de alimentos para el mismo. A partir del aumento progresivo del enriquecimiento químico se puede proponer que dicho ritual pudo haber sido llevado a cabo principalmente en el patio (C162 C).

Los cuartos cocina-almacén se localizan en la parte norte del conjunto excavado por Linda R. Manzanilla y en la calle que separa el predio de Teopancazco de la iglesia del pueblo. Se trata de ocho pequeños cuartos (C501, 503, 504, 505, 507 y 507 A, B y C) de aproximadamente 3 x 2.5 m, alineados E-O y que, dadas las condiciones del salvamento sólo en la porción sur de la calle, aparentemente no presentan comunicación entre sí (figura 6). El estudio indica una diferenciación en el uso de los espacios, ya que mientras unos están más enriquecidos, otros presentan valores bajos. Integrando estos resultados con las evidencias arqueológicas,

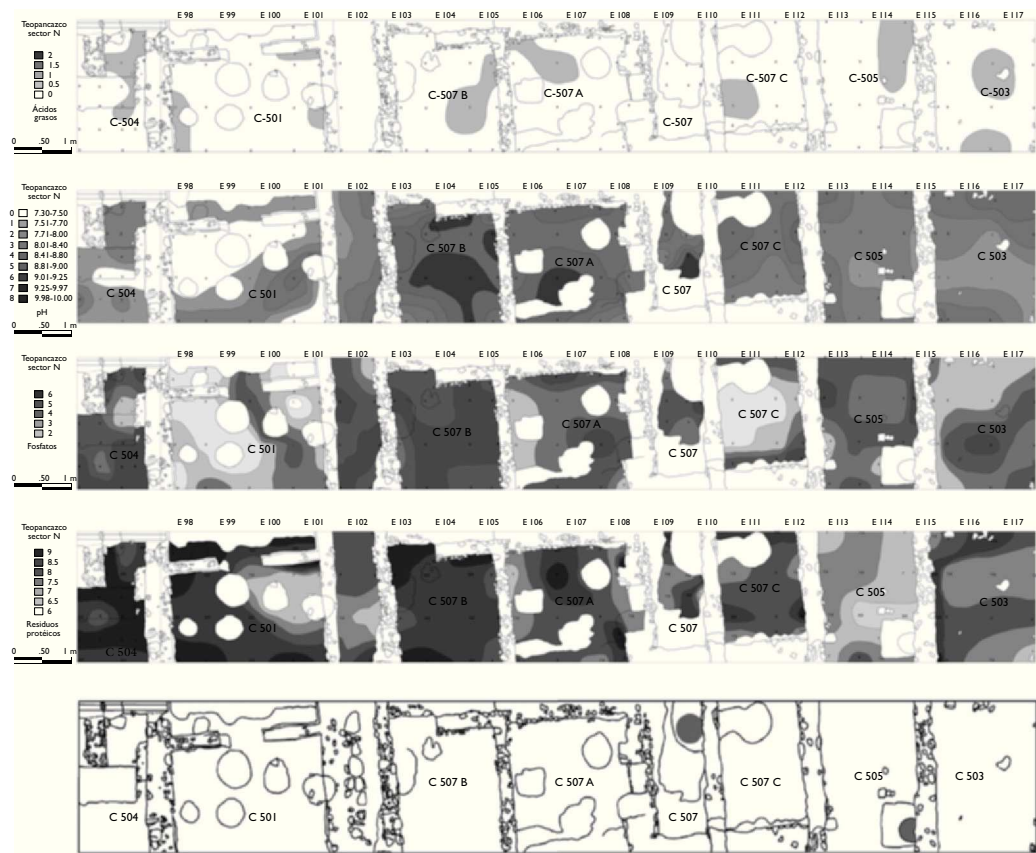


Figura 6. Distribución de residuos químicos en el piso de los cuartos cocina-almacén de Teopancazco, Teotihuacán (tomado de Pecci et al. 2010).

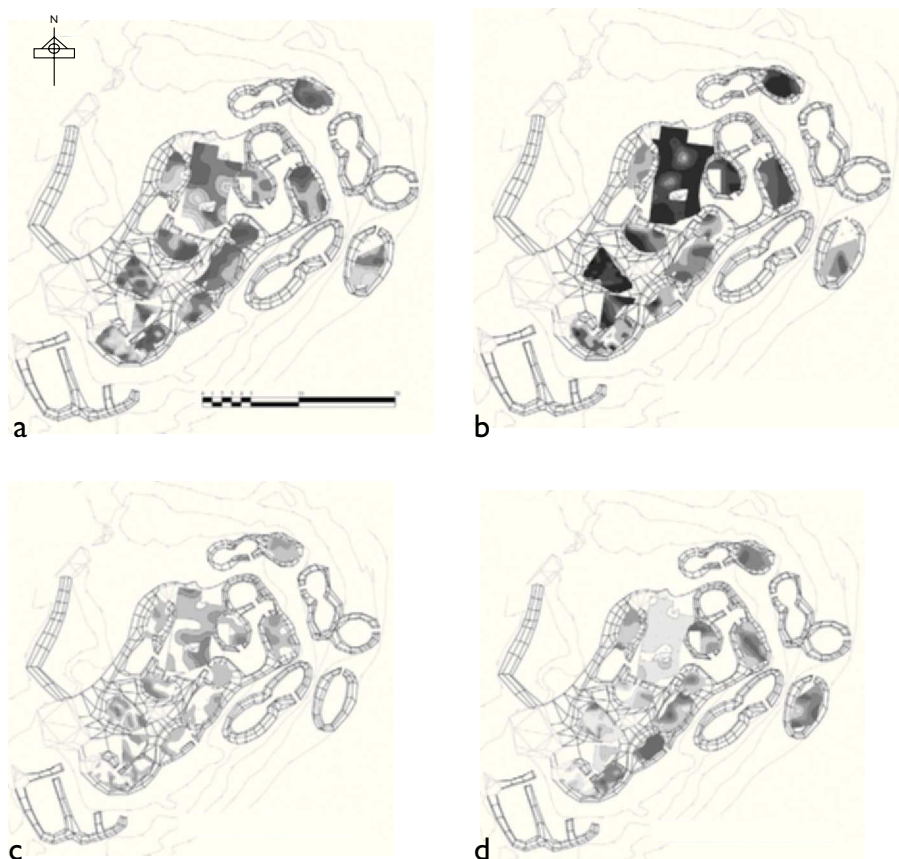


Figura 7. Distribución de residuos químicos en los pisos del sitio El 16 en Chihuahua, a) fosfatos, b) residuos de proteínas, c) ácidos grasos y d) pH.

es posible plantear la hipótesis de la existencia de unos cuartos destinados a la preparación de alimentos y otros al almacenamiento (Pecci *et al.* 2010).

En particular, tres de los cuartos (504 y 507 a y b) se caracterizan por un mayor enriquecimiento en sus pisos, principalmente en sus valores de fosfatos, residuos proteicos, pH y ácidos grasos. En uno de ellos (el C504) se localizaron restos de guajolote, venado, perro, zorrillo y conejo. Su presencia, asociada con valores altos de residuos proteicos en el piso, sugiere actividades de destazamiento. El hecho de haber localizado ollas con huellas de quemado haría pensar en la cocción de los mismos; sin embargo, los bajos valores de pH presentes en todo el cuarto sugieren que dicha actividad pudo haberse realizado en otros espacios: quizás en las piezas destinadas al área de preparación. En el cuarto 505 se encontró una

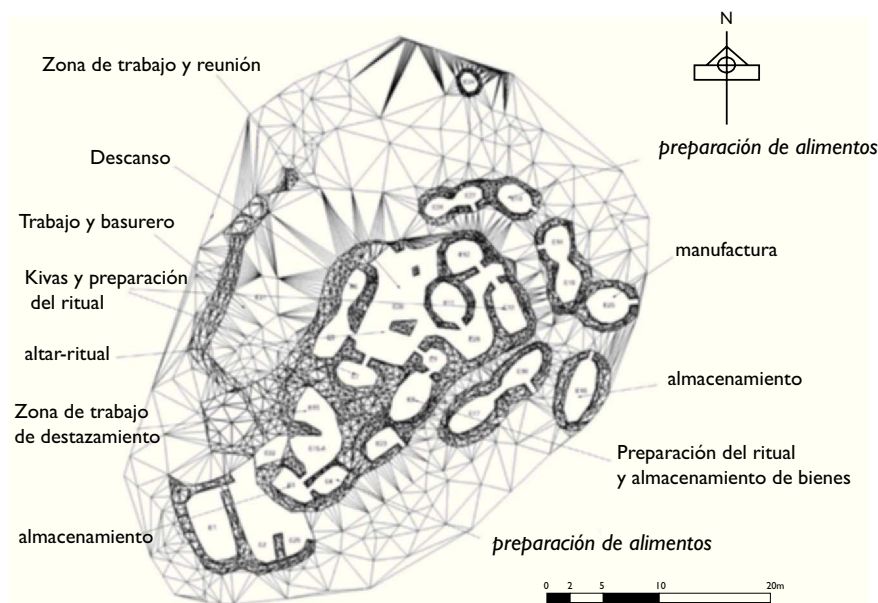


Figura 8. Mapa de interpretación de las áreas de actividad del sitio El 16 a partir del estudio de los residuos químicos en sus pisos y de la distribución de materiales en superficie.

olla empotrada en el piso con restos de carbón y restos paleobotánicos (semillas de tomatillo, amaranto, maíz, tuna, frijol, etc.) que sugieren la preparación de alimentos en su interior. El piso del cuarto presenta escasos residuos químicos que pueden ser explicados por el hecho de que la preparación de alimentos (principalmente de vegetales, pobres en residuos proteicos) se realizó dentro de la olla y no hubo consumo en este lugar.

Los cuartos 507 y 501 se pueden interpretar como zonas de almacenamiento porque presentan escasos residuos en sus pisos y hay cerámica normalmente destinada al almacenamiento.

Finalmente, dos de los cuartos (507 A y B) han sido interpretados como zonas de preparación de alimentos, principalmente por el hallazgo de gran cantidad de ollas con huellas de quemado, aunado a altos valores de pH. Sin embargo, el patrón de enriquecimiento de otros indicadores no es claro (figura 6).

En resumen es interesante destacar que esta área se destinó al almacenamiento y preparación de alimentos en una escala que rebasa la doméstica y que, tratándose de un centro de barrio, pudo servir para la alimentación de grupos de personas que trabajaron en ese espacio comunitario.

### *Sitio El 16 (Chihuahua)*

El estudio del sitio El 16 representa el primer caso de investigación de residuos químicos en un sitio completo. Se pudieron reconocer distintas áreas de actividad en cada una de sus estructuras y espacios. Se trata de un asentamiento de la cultura tubar (ahora extinta) localizado en la sierra de Chihuahua que al parecer fue abandonado en la época de la Conquista (Chacón 2010).

Tanto el estudio químico como el análisis del material arqueológico *in situ* permitieron reconocer aspectos del modo de vida, así como la conformación y uso de las unidades arquitectónicas (figura 7).

De esta manera se reconocieron las áreas de almacenamiento, basureros, áreas de preparación del ritual, áreas de descanso, áreas de manufactura, el área ritual y, por supuesto, la zonas de preparación y consumo de alimentos (figura 8). Estas áreas se reconocieron interpretando conjuntamente los materiales domésticos recuperados por la excavación y las altas concentraciones de fosfatos, residuos proteicos, ácidos grasos y valores altos de pH provenientes del análisis de las muestras del piso.

### EL ANÁLISIS DE CERÁMICAS MESOAMERICANAS

A continuación se muestran algunos resultados de la aplicación del análisis de residuos para el estudio de cerámica arqueológica mesoamericana llevado a cabo en el Laboratorio de Prospección Arqueológica del IIA desde finales de la década de 1980 hasta el presente, los que proporcionaron información valiosa sobre el uso de los recipientes y el tipo de procesamiento de alimentos que pudo haber sido realizado en cerámica proveniente de diferentes sitios y tiempos arqueológicos.

La mayoría de los estudios se han realizado como parte de los trabajos de tesis de alumnos de la licenciatura en Arqueología y han permitido el reconocimiento de tendencias generales de enriquecimiento químico de los materiales cerámicos. Los análisis se han realizado utilizando las mismas técnicas mencionadas en el punto 2.

### *Cerámica de Axotlan y el centro de México*

Como parte del trabajo de tesis de Juan Manuel Martínez Morales (2006), en el marco del proyecto dirigido por Raúl García, se analizaron en el laboratorio 519 fragmentos de cerámica azteca, recuperados de excavaciones arqueológicas realizadas en Axotlan y clasificados siguiendo la propuesta de Raúl García (2004) (figura 9).

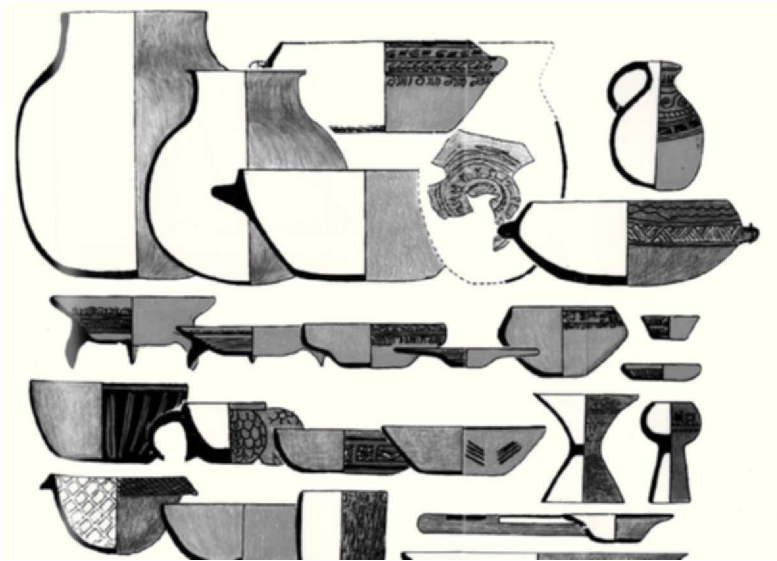


Figura 9. Conjunto cerámico Azteca II del área occidental de la cuenca de México (retomado de García R. 2004).

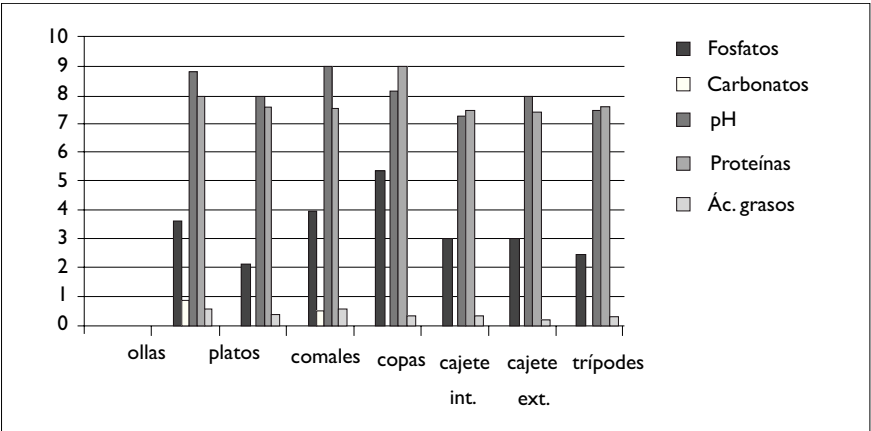


Figura 10. Gráfica de formas vs promedio de valores de residuos químicos de formas Azteca II.

Del total de las piezas recuperadas se seleccionó principalmente cerámica utilitaria para tratar de apreciar diferencias en su grado de enriquecimiento químico. De cada una de las veinte formas seleccionadas se analizaron alrededor de 26 fragmentos, de manera que el promedio de sus datos tuviera un significado estadístico.

El resultado de los análisis (en la gráfica se muestra el promedio de los valores de cada indicador químico por forma cerámica) (figura 10) indica que las ollas concentran la mayor cantidad de residuos químicos, mientras que las formas de servicio tienen menores contenidos. Las ollas, los comales y los braseros tienen los mayores promedios de carbonatos, junto con unos cajetes miniatura. Las ollas, los sahumadores y los platos trípodes son las formas que muestran el promedio más alto de fosfatos. El promedio más alto de ácidos grasos lo tienen los sahumadores, las cazuelas y las ollas. En este caso las cazuelas y las ollas deben contener los residuos de la preparación de alimentos, pero los sahumadores seguramente fueron enriquecidos por el uso de resinas durante los rituales (Barba 2009).

### *Cerámica ritual en Churubusco*

Otro caso de estudio lo constituye el de la cerámica ritual recuperada en Churubusco, Distrito Federal, donde en 1999 se realizaron excavaciones en el predio el



Figura 11. Tinajas reconstruidas localizadas en la acrópolis de Xochicalco.

Coroco bajo la dirección de José Antonio Palacios. En uno de los templos excavados se encontró un contexto sellado con gran cantidad de fragmentos cerámicos, cuyo estudio dio pie a la tesis de Edwina Villegas y Alejandra Patterson (2003). En este trabajo nuevamente se analizó una cantidad apreciable de fragmentos cerámicos de diferentes formas.

En el cuadro 1 puede apreciarse que nuevamente el promedio de carbonatos es alto en las ollas y en los comales. Como en el caso expuesto anteriormente, esto puede explicarse por la práctica común de “curar” los recipientes con una lechada de cal antes de iniciar su uso cotidiano. Nuevamente las ollas y los comales tienen un alto promedio de fosfatos, ácidos grasos y residuos proteicos, pero llama la atención que sea aún mayor las copas (Barba 2009). El resto de las formas de servicio tienen valores intermedios como en el caso anterior.

A las copas, que también aparecen en el gráfico, comúnmente se les llama *copas pulqueras*, pues se ha asumido que son formas destinadas para tomar esta bebida fermentada. Sin embargo, los resultados químicos muestran que éste no pudo ser el líquido contenido pues esta bebida tiene gran concentración de carbohidratos, pero no de los residuos proteicos y fosfatos que se han encontrado en los fragmentos de copas analizados. Una de las alternativas de explicación más viable sería que las copas contuvieron chocolate o sangre, como muestran los resultados en el apartado “Arqueología experimental” (*cf. infra*) (Pecci 2003; Pecci *et al.* en prensa). En este caso se hace necesario continuar con esta investigación para verificar la presencia de cualquiera de estas dos sustancias utilizando técnicas analíticas instrumentales, como la cromatografía de gases o la HPLC (Barba 2009).

*Cuadro 1.* Resultados promedio de valores de residuos químicos de formas cerámicas en el sitio el Coroco-Churubusco, Distrito Federal.

|                 | Ollas | Platos | Comales | Copas | Cajetes int. | Cajetes ext. | Trípodes |
|-----------------|-------|--------|---------|-------|--------------|--------------|----------|
| PO <sup>4</sup> | 3.6   | 2.1    | 4       | 5.3   | 3            | 3            | 2.4      |
| pH              | 8.7   | 8      | 9       | 8.1   | 7.2          | 7.9          | 7.4      |
| Proteínas       | 8     | 7.6    | 7.6     | 9     | 7.5          | 7.4          | 7.6      |
| Ácidos grasos   | 0.6   | 0.4    | 0.6     | 0.3   | 0.3          | 0.2          | 0.3      |

*Tinajas en Xochicalco (Morelos)*

Como parte de las investigaciones arqueológicas realizadas en el sitio de Xochicalco, Morelos, Norberto González y Silvia Garza estudiaron un conjunto de recipientes cerámicos encontrados de manera fragmentada y diseminados en el piso de varias estructuras (figura 11). Con la restauración se apreciaron las grandes dimensiones de estos recipientes, lo que de inmediato planteó preguntas sobre su uso.

Es evidente que piezas de estas dimensiones no pudieron transportarse con facilidad, lo que sugiere que pudieron servir para el almacenamiento. La hipótesis de trabajo era verificar si estos recipientes pudieron haber sido utilizados para el almacenamiento de agua.

Como parte de este estudio se comparó el contenido químico de distintas partes del mismo recipiente cerámico, fragmentos del cuerpo y del fondo de las mismas piezas. Las diferencias que se encontraron entre los promedios fueron mínimas, por lo que se asume que todo el recipiente fue enriquecido aproximadamente de la misma forma (Barba 2009).

*Cuadro 2.* Tabla de promedio de valores de residuos químicos de tinajas probablemente utilizadas para el almacenamiento de agua

| Muestra | CO <sup>3</sup> | pH   | PO <sup>4</sup> | Ácidos grasos | Proteínas | Carbohidratos |
|---------|-----------------|------|-----------------|---------------|-----------|---------------|
| 13      | 0               | 8.99 | 1               | 0             | 7.5       | 1             |
| 20      | 1               | 8.77 | 2               | 0             | 7         | 0             |
| 14      | 1               | 9.36 | 2               | 2             | 7.5       | 0             |

*Cuadro 3.* Promedio de valores de residuos químicos de tinajas probablemente utilizadas para la preparación de alimentos

| Muestra | CO <sup>3</sup> | pH  | PO <sup>4</sup> | Ácidos grasos | Proteínas | Carbohidratos |
|---------|-----------------|-----|-----------------|---------------|-----------|---------------|
| 2       | 1               | 8.7 | 5               | 3             | 8.5       | 3             |
| 5       | 1               | 9.4 | 6               | 0             | 7.5       | 4             |
| 11      | 2               | 10  | 3               | 2             | 9         | 1             |
| 22      | 1               | 9.6 | 6               | 1             | 8.5       | 3             |

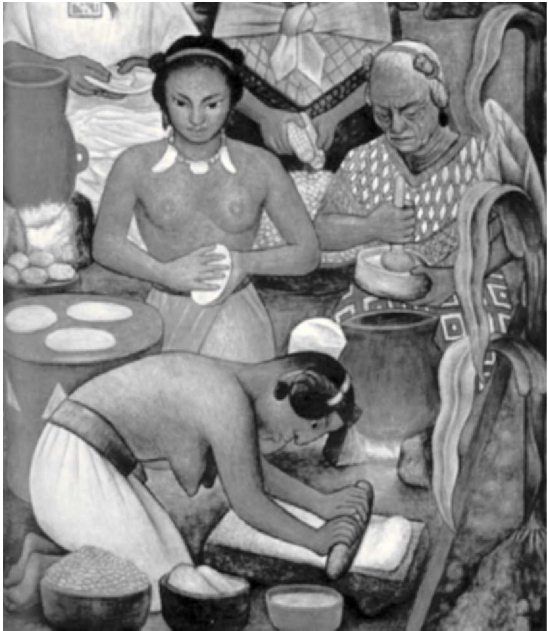


Figura 12. Mural de Diego Rivera donde se puede apreciar el procesamiento del maíz y la utilización de comales para la preparación de tortillas.

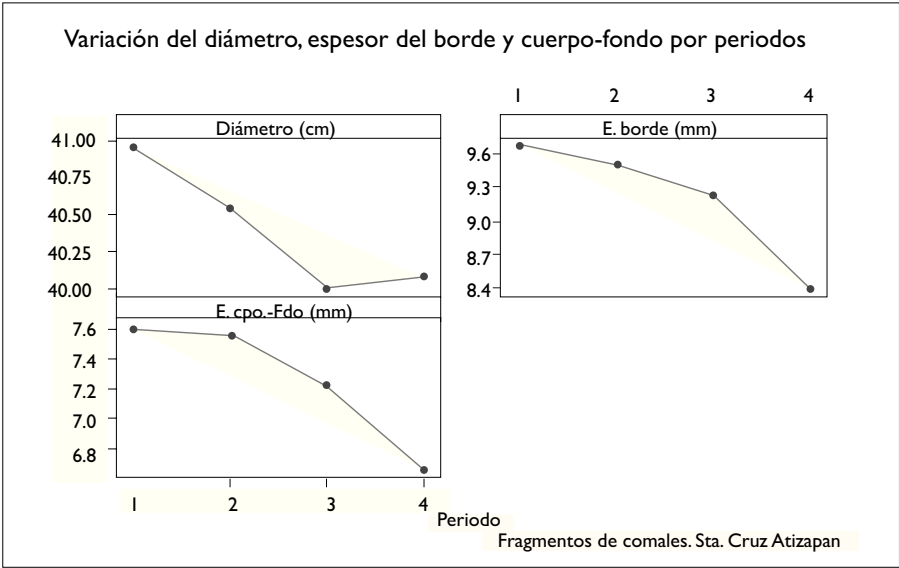


Figura 13. Variación de propiedades por tipos de comales de Santa Cruz Atizapán.

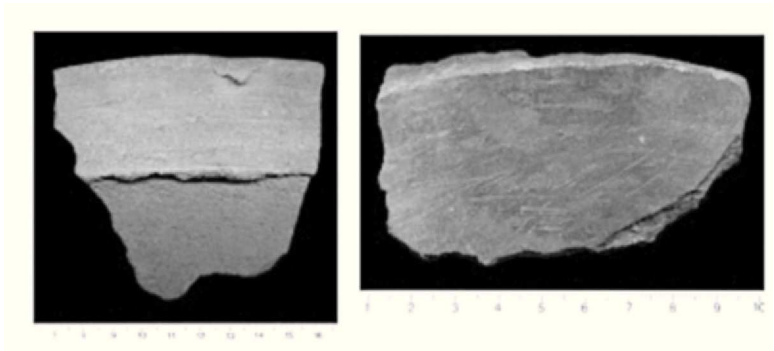


Figura 14. Fragmentos de comales provenientes de Santa Cruz Atizapán.

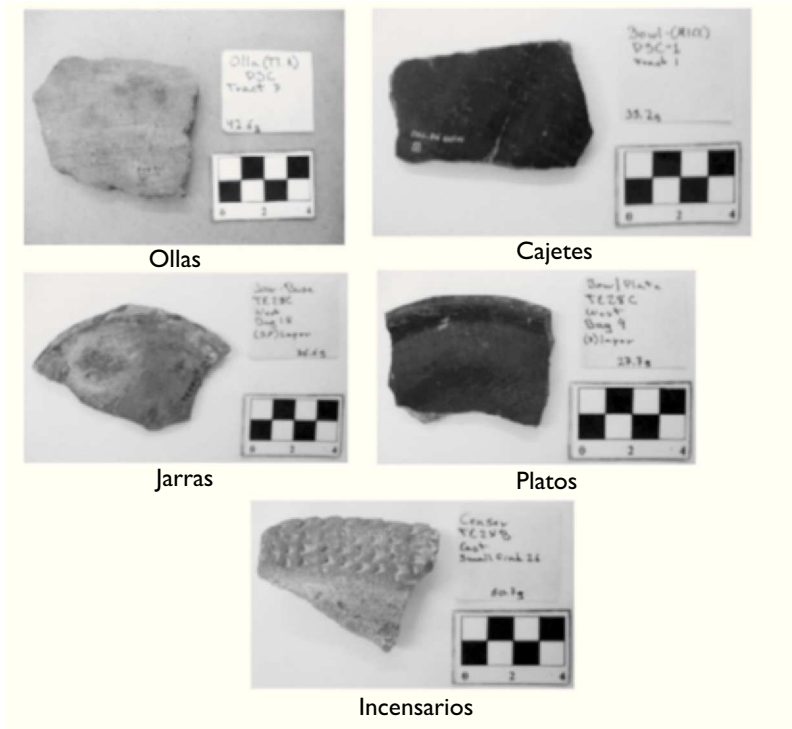


Figura 15. Fragmentos de las formas cerámicas a las que se les realizó el estudio de residuos químicos para identificar su función.

Un grupo de tinajas (13, 20 y 14), presenta residuos químicos que apoyan la hipótesis de trabajo, pues son tan bajas las concentraciones de los indicadores químicos que bien pudieron haber contenido agua durante su uso, ya que el agua no enriquece químicamente los recipientes (cuadro 2).

En el cuadro 3 se han reunido los resultados de algunos recipientes (2, 5, 11, 22) que sugieren que se utilizaron para la preparación o almacenamiento de alimentos. En particular, la presencia de fosfatos, ácidos grasos, residuos proteicos y carbohidratos claramente indica la preparación de alimentos y caldo de carnes. Por el contenido de carbohidratos y la ausencia de los otros indicadores, el recipiente 5 pudo haber contenido atoles o bebidas como el aguamiel.

### *Comales en Santa Cruz Atizapán (valle de Toluca)*

Otro caso interesante es el que aborda la tesis de Martín Terreros Olivares (2013) y que pretende reconstruir las actividades de preparación y consumo de alimentos a través del estudio de los comales encontrados durante las excavaciones del montículo 20 del sitio Santa Cruz Atizapán a la orilla de la Ciénega de Chignahuapa, en el valle de Toluca, proyecto dirigido por Yoko Sugiura.

En este sitio, la gran variedad de formas y dimensiones de los comales sugiere una especialización que podría ir mas allá de la preparación cotidiana de tortillas, que es la función comúnmente atribuida a esta forma cerámica (figura 12).

Por la proximidad al lago se asume que la vida cotidiana de los habitantes de este montículo se apoyaba en un modo de subsistencia lacustre. El método de clasificación cerámica permite el análisis de la distribución espacial y cronológica de tipos, formas, pastas, acabados de superficie, decoración, así como de las combinaciones que puedan surgir, lo que se aprovechó para agrupar los comales en estudio (Terreros 2013).

La distribución total de la cerámica en el montículo 20 permite distinguir una gran acumulación en un basurero. En contraste, las áreas con restos de estructuras se encuentran prácticamente libres de material cerámico.

Para la realización de los análisis químicos se seleccionaron 480 fragmentos de toda la cerámica recuperada entre 2000 y 2001 (figura 13). La presencia de residuos de ácidos grasos en las muestras es muy baja, pero a las dos en que se detectó un poco de residuos grasos se les hizo análisis con cromatografía de gases. Los resultados confirmaron la presencia de colesterol, indicador de grasas de origen animal, posiblemente de no rumiantes, por la ausencia de ácidos  $C_{15:0}$  y de  $C_{17:0}$  en formas ramificadas. Aunque los marcadores de pescado están todavía en discusión porque no se han realizado análisis isotópicos (Evershed 2008b; Mailainey

*et al.* 1999b), los resultados químicos sugieren que algunos comales se emplearon para procesar alimentos obtenidos del medio lacustre de la ciénega de Chignahuapan, como pueden ser el pescado y las aves.

El análisis cerámico indica que los comales de paredes altas se incrementan en el periodo Epiclásico (figura 14). Los análisis químicos sugieren que algunos de estos comales se pudieron utilizar para tostar semillas, pues los promedios de carbohidratos tienden a aumentar de forma general en las últimas etapas de ocupación del sitio. Es importante mencionar que no se detectó la presencia de cloruros, indicador del uso de la sal como aditivo para tostar las semillas.

Hay muy pocos carbonatos en los fragmentos de comales, lo cual indica que los comales analizados no fueron recubiertos con una lechada cal para curarlos. La ausencia de carbonatos y de almidones en los comales sugiere que en este lugar y este momento no se utilizaban para hacer tortillas de maíz (Terreros 2013).

### *Vasijas recuperadas del túnel de la Pirámide del Sol (Teotihuacán)*

En diferentes temporadas de excavación en el túnel que conduce a la cámara tetralobulada localizada bajo la Pirámide del Sol (1968/1971, 1972, 1976, 1978), Rebeca Sload (2007) recuperó cinco subcolecciones de cerámica en los diferentes sectores del túnel.

A partir del análisis del material se planteó la hipótesis de que la cerámica estuviera asociada con rituales de agua y fuego realizados en la última fase antes del cierre del túnel (fases Tzacualli y Miccaotli), por lo que se propuso que el estudio químico de los residuos en la cerámica arqueológica podría verificar dichas hipótesis (figura 15).

Es interesante mencionar que gran parte de los fragmentos estudiados mostró un enriquecimiento químico. Los promedios de los resultados analíticos por forma indican que probablemente contuvieron líquidos ricos en carbohidratos, proteínas y fosfatos.

Respecto a la hipótesis de que dichos recipientes sirvieron para los rituales realizados en el interior del túnel, ninguna de las formas se usó exclusivamente para contener agua, pero se podría concluir que probablemente los fragmentos analizados se utilizaron en la preparación y el consumo de alimentos rituales (Barba y Ortiz 2012).

## ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para una mejor interpretación de los residuos preservados en la cerámica y los pisos ha sido fundamental llevar a cabo experimentos controlados, que permitan



Figura 16. *Enriquecimiento químico de los bloques de estuco preparados para los estudios experimentales.*

asociar enriquecimientos químicos con sustancias conocidas. Realizar experimentos controlados es una parte fundamental de la investigación de los residuos en pisos y cerámica, sea cuando se llevan a cabo análisis con pruebas sencillas o con técnicas más sofisticadas, como la cromatografía de gases (Charters *et al.* 1993; Evershed 2008b; Malainey *et al.* 1999b, 1999c; Pecci 2003, 2005; Terreros 2013). En lo que concierne a los residuos dejados por la preparación y consumo de alimentos en Mesoamérica, en el Laboratorio de Prospección Arqueológica se han llevado a cabo experimentos dirigidos a entender los residuos dejados por la ceniza, el chocolate, el caldo y la sangre (Pecci 2003) y el pulque (Pecci *et al.* en prensa).

Las sustancias utilizadas para el enriquecimiento se eligieron con base en dos criterios: su importancia en la cultura mesoamericana (lo que se reconoció a partir de la lectura de las fuentes y estudios etnográficos) y la posibilidad real de usarlas en el experimento. Se debía de tratar de materiales líquidos que pudieran ser absorbidos por los pisos. Estas sustancias, además, debían de ser susceptibles de análisis con las técnicas desarrolladas por el Laboratorio de Prospección Arqueológica del IIA. Lo anterior implicaba que debían de producir cambios en los valores de ácidos grasos, residuos proteicos, en el nivel de pH y en los fosfatos presentes en las muestras de piso. Todo lo anterior llevó a elegir para este fin el chocolate, el caldo, la sangre y la ceniza. Las sustancias elegidas tienen que ver con la preparación y el consumo de alimentos: la ceniza se produce como resultado de la combustión de material celulósico usado para calentar los alimentos, la sangre se derrama al matar y trabajar animales para que puedan ser consumidos, mientras que el caldo y el chocolate son alimentos (Pecci 2003).

Aunque frecuentemente las sustancias elegidas se encontrarían asociadas con otras en el proceso de preparación y consumo (el cacao, por ejemplo, se preparaba normalmente agregándole maíz tostado y molido, además de especias de diferentes tipos), para el experimento se consideraron por separado.

A nivel práctico el experimento se realizó vertiendo cantidades conocidas de cada sustancia sobre bloques de estuco (7.5 x 10 x 2 cm) fabricados en laboratorio mezclando arena de tezontle y cal, con características semejantes a las de los pisos arqueológicos (Pecci 2003) (figura 16).

El enriquecimiento de los pisos se hizo goteando durante cuatro semanas, dos veces al día, diez mililitros de las sustancias elegidas. Se tomaron muestras de los pisos antes de iniciar y después de cada semana de enriquecimiento y se hicieron los análisis para determinar el valor de pH y la presencia de ácidos grasos, residuos proteicos y fosfatos.

Para comprobar que los pisos mantienen las modificaciones a nivel químico producidas por las actividades humanas a través del tiempo, se aplicaron procesos simples de envejecimiento del piso. Para lograrlo se enterraron dos bloques enriquecidos con cada sustancia en Teopancazco, Teotihuacán, debajo de 50 cm de tierra cribada. Después de seis meses de entierro se tomaron muestras y se hizo el análisis químico con el objetivo de apreciar las variaciones en los residuos estudiados. Los pisos se volvieron a enterrar para continuar con el proceso de envejecimiento.

### *La ceniza*

Se vertió encima de los pisos como solución para que pudiera ser absorbida. Se vertieron 0.5 g de ceniza—obtenida quemando carbón de encino—diluidos en 10 ml. de agua destilada sobre cada piso. Después de cuatro semanas de enriquecimiento el nivel de pH de las muestras de piso subió, así como los fosfatos. Los ácidos grasos y residuos proteicos permanecieron ausentes. Después del enterramiento de las probetas, los residuos químicos relacionados con la ceniza se mantuvieron: el pH era más alto que al principio y lo mismo pasaba con los fosfatos. Lo anterior confirma que a nivel arqueológico un pH alto medido en una muestra de piso puede corresponder a la ceniza producida durante la combustión de madera usada para la cocción de alimentos (figura 17). La relación entre la ceniza y los altos valores de pH ha sido estudiada anteriormente (Barba y Córdova 1991) pero no se había confirmado experimentalmente.

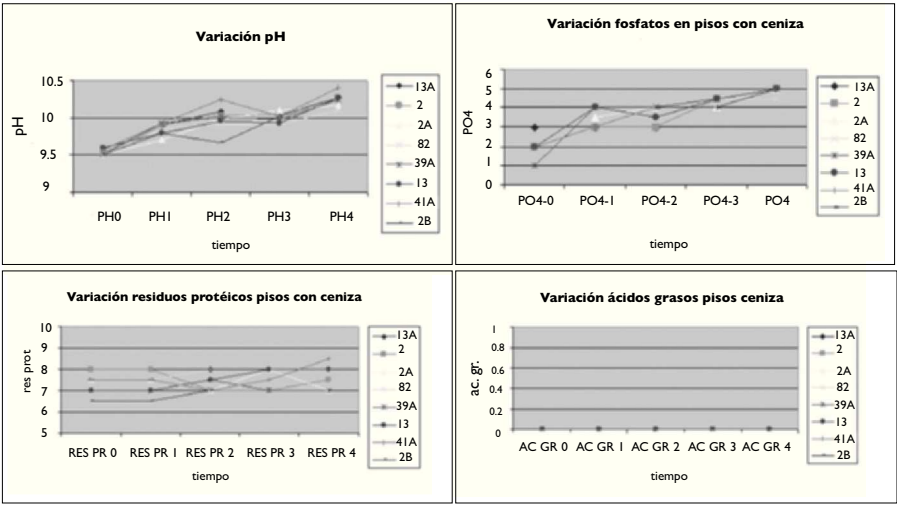


Figura 17. Gráfica de la variación de indicadores químicos de los bloques enriquecidos con ceniza.

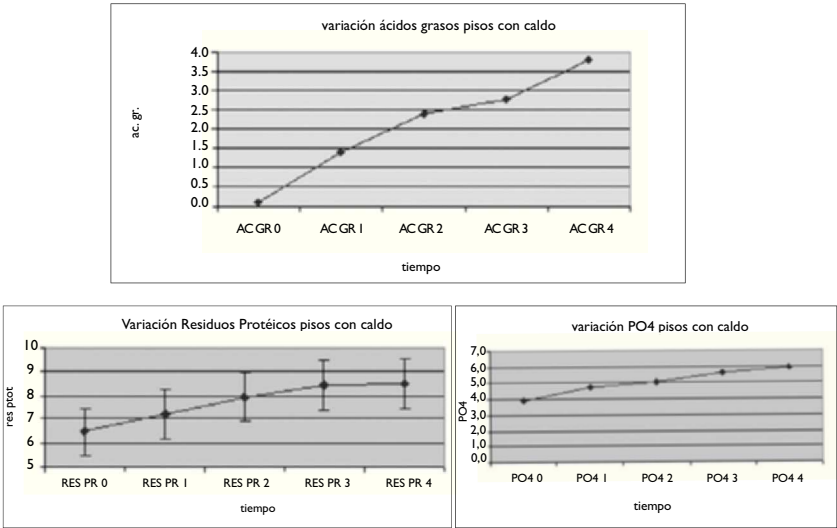


Figura 18. Gráfica de la variación de indicadores químicos de los bloques enriquecidos con caldo.

*El caldo*

Una de las formas más comunes de preparar alimentos era hervirlos en agua, y al hervir la carne se obtiene un caldo. En particular, en la época prehispánica las

aves, y especialmente el guajolote, eran parte fundamental de la alimentación y, junto con el perro y el venado, constituyeron una de las fuentes de proteínas para los pueblos mesoamericanos (Valadez *et al.* 2001: 58). A nivel arqueológico se podrían encontrar residuos químicos de caldo en lugares de preparación y de consumo de alimentos, sean éstos en el interior de una casa o en diferentes cuartos de una unidad habitacional o de un palacio.

Para la realización del experimento se hirvieron 125 g de pollo en 500 ml de agua por una hora, después de haber probado que los resultados de los análisis químicos aplicados a los pisos enriquecidos con pollo y con guajolote daban los mismos resultados. Se vertieron 10 ml de líquido sobre los bloques de piso. Después de las cuatro semanas de enriquecimiento los residuos proteicos y los fosfatos aumentaron, así como los ácidos grasos (valor 5). Con el enterramiento los fosfatos disminuyeron ligeramente, aunque siguieron más altos que antes de empezar el experimento, mientras que los ácidos grasos y los residuos proteicos quedaron prácticamente sin variación (figura 18).

La sangre

La preparación de alimentos provoca que, en diferentes momentos, se derrame la sangre. En primer lugar en el momento de matar y destazar animales y en

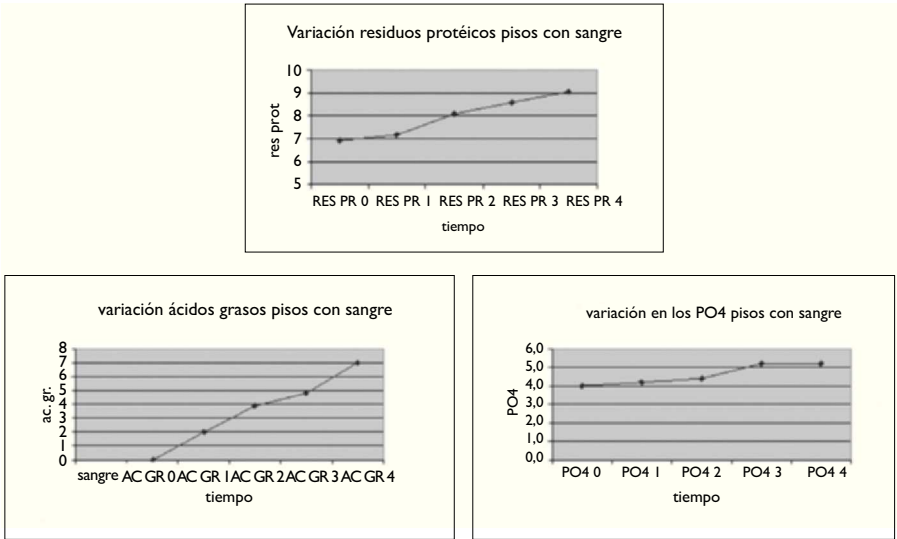


Figura 19. Gráfica de la variación de indicadores químicos de los bloques enriquecidos con sangre.

menor grado al cocerlos. Si lo primero se llevó a cabo en las casas de los que los criaron, esto posiblemente se hizo en los patios de servicio, para no ensuciar los espacios utilizados en la vida diaria y para que se pudiera limpiar fácilmente, como propusieron Ortiz y Barba (1993) para Oztoyahualco, Teotihuacán. En lo que concierne a la actividad de cocción es probable encontrar residuos de sangre en los lugares donde los animales se cortaban en pedazos para echarlos a la olla o directamente al fuego.

Para el experimento se vertieron 5 ml de sangre de res, diluida con 5 ml de agua destilada, sobre los pisos a fin de evitar la coagulación. Después del enriquecimiento, los ácidos grasos presentaron valores muy altos, tanto que se introdujo una nueva escala que llega hasta valores de 7, mientras la que se usa a nivel arqueológico llega nada más a 3. También los residuos proteicos aumentaron, así como los fosfatos (figura 19).

Después del enterramiento se siguió observando la presencia de ácidos grasos, residuos proteicos y fosfatos aunque su valor disminuyó un poco. En particular, los ácidos grasos todavía presentaron valores mucho mayores respecto al valor máximo obtenido a nivel arqueológico.

### *El cacao*

El cacao fue un elemento importante en la cultura mesoamericana. No sólo fue utilizado como medio de intercambio, sino que también y sobre todo fue

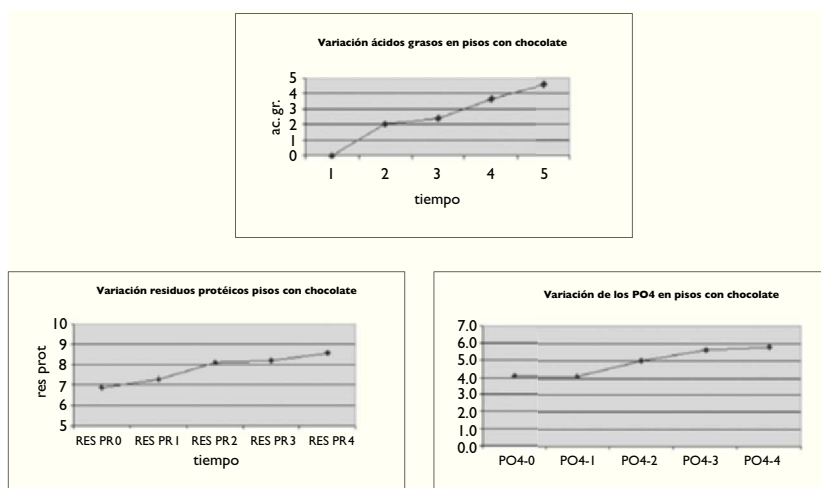


Figura 20. Gráfica de la variación de indicadores químicos de los bloques enriquecidos con chocolate.

consumido en abundancia como bebida por la élite prehispánica. El consumo de cacao se daba en modo especial en los banquetes. El cacao se preparaba tostando, moliendo las semillas y mezclando con agua. En todos estos pasajes y en particular en el último, que consistía en levantar la vasija para hacer la espuma, se podía derramar, así como en los lugares donde se consumía.

Para el experimento se usó cocoa amarga en polvo. Se hirvió 1 g de cocoa en 10 ml de agua destilada que se vertieron sobre los pisos. Después del enriquecimiento los ácidos grasos aumentaron, llegando a tener valores muy altos. También los residuos proteicos y los fosfatos aumentaron. Después del enterramiento los valores de los ácidos grasos y residuos proteicos disminuyeron un poco, aunque quedaron más altos que antes de empezar el experimento, mientras que los fosfatos permanecieron sin variación (figura 20).

Normalmente a nivel arqueológico se encontrarán los residuos que son la suma de las “actividades sencillas” estudiadas en este experimento. Por un lado, por ejemplo, los caldos podían ser de diferentes tipos y se hacían agregando verduras y especias de tipos diferentes (Coe 1994: 128), y el cacao rara vez era preparado solo y normalmente se le agregaban especias, maíz y otras cosas. Lo anterior ocasiona que a nivel arqueológico se detecte una combinación entre los residuos producidos por “nuestros” caldo y cacao y los otros elementos utilizados en su preparación. Por otro lado, las actividades de preparación de alimentos implicaban la cocción de diferentes tipos de comida (Pecci 2003).

Otro problema es que a veces los lugares de preparación de alimentos son los mismos de los rituales. La misma naturaleza de la cultura mesoamericana, con su uso polivalente de los espacios, no impide hacer una verdadera diferenciación entre ellos: el fogón doméstico, utilizado normalmente para cocinar, era también objeto de ofrendas que incluían comida.

El resultado de los experimentos muestra que los análisis realizados en el laboratorio no permiten diferenciar entre los tres tipos de alimentos estudiados. Vale la pena recordar que estos análisis son generales y no permiten individuar los residuos correspondientes a un tipo de alimento específico. Por lo tanto, investigando a nivel arqueológico un lugar de preparación o consumo de alimentos sólo se podrán ver los residuos de las grasas, proteínas, carbohidratos y fosfatos producidos por el conjunto de actividades realizadas. Un camino posible hacia la diferenciación del tipo de sustancias involucradas en las actividades que se llevaron a cabo sobre los pisos es el análisis adicional con GC/MS que permite diferenciar entre grasas vegetales y animales. En efecto, análisis realizados sobre los pisos experimentales enriquecidos con caldo antes y después del entierro mostraron que las grasas absorbidas durante el proceso de enriquecimiento, aunque dis-

minuyan en la cantidad relativa y cambien un poco en la composición, persisten aún después del entierro. Asimismo, la comparación entre los resultados obtenidos con el análisis de los pisos enriquecidos con sangre y con caldo mostraron la existencia de diferencias en la distribución de los ácidos grasos presentes en los dos elementos estudiados. Lo anterior confirma la confiabilidad de los resultados obtenidos con los análisis del Laboratorio de Prospección Arqueológica en cuanto a la capacidad de detectar la presencia de ácidos grasos y sus cantidades relativas.

Se han podido determinar residuos de cacao en vasijas mayas empleando HPLC/MS (Hurst *et al.* 2002: 289). Sin embargo, en este experimento no se aplicó esta prueba.

Ambos análisis con GC/MS y HPLC son caros e implican una gran cantidad de tiempo, así que pueden ser aplicados sólo a un número limitado de muestras. Por lo tanto se recomienda aplicarlos sobre una selección de muestras analizadas previamente con las pruebas simples, cuyo valor es evidente al permitir, como se ha dicho, procesar de manera confiable una gran cantidad de muestras en poco tiempo y a bajo costo.

## CONCLUSIONES

Este artículo ha permitido reunir una selección de trabajos que muestran la importancia de los residuos químicos en el estudio de la alimentación en tiempo prehispánico. Los trabajos mencionados demuestran que gracias al estudio de los residuos en pisos se pueden detectar los espacios de preparación y consumo de alimentos. Además el estudio de los recipientes cerámicos nos proporciona información acerca del tipo de alimentos consumidos en el pasado.

Los alentadores resultados del análisis de residuos en cerámica invitan a ahondar en el análisis de los datos obtenidos hasta el momento, a identificar elementos que puedan contribuir a reconocer la presencia de sustancias específicas y a continuar con la experimentación controlada en laboratorio a fin de disponer de referencias que faciliten la interpretación de los resultados químicos en los recipientes arqueológicos.

Se ratifica el valor de la propuesta de trabajo que utiliza los datos etnoarqueológicos como una forma de sustentar las interpretaciones arqueológicas y la experimentación controlada en el laboratorio para apoyar la identificación de las sustancias que se usaron en el pasado. A pesar de 35 años de trabajo ininterrumpido en el laboratorio, somos conscientes de que es necesario continuar realizando estudios etnoarqueológicos y experimentales que permitan sustentar la interpretación e identificación de materiales arqueológicos mesoamericanos.

## AGRADECIMIENTOS

Los estudios presentados son el resultado de 35 años de trabajos del Laboratorio de Prospección Arqueológica del IIA. Agradecemos en general a todos los directores de los proyectos arqueológicos que ofrecieron las facilidades para realizar estos proyectos interdisciplinarios.

Algunos de los trabajos de análisis de cerámica se han llevado a cabo como parte de tesis de estudiantes de licenciatura y maestría, que se mencionan en el texto.

La información relativa a los experimentos de enriquecimiento de los pisos fue parte de un proyecto de doctorado del programa de posgrado en Antropología de la FFYL/IIA de la UNAM y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Prospección Arqueológica del mismo Instituto. Agradecemos a la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”, por la ayuda en la preparación de bloques de piso de cal bajo la asesoría de Haideé Orea y Margarita García.

El cromatógrafo de gases utilizado en los estudios presentados es el del CIADS de la Universidad de Siena, un CP3800 (Varian, Walnut Crick), una columna capilar de sílice DB5 de 30 m, de 0.25  $\mu\text{m}$  de espesor de film, y un espectrómetro de masas Saturn 2000 (Varian, Walnut Crick) operado en ionización electrónica (70 eV). El *rango* de masa es de  $m/z$  40-650. La temperatura del horno del GC se mantiene a 50 °C por un minuto, luego se aumenta de 5 °C/min hasta los 330 °C y se mantiene constante durante diez minutos.

*Nuestro agradecimiento a los directores de proyectos involucrados:*

San Vicente Xiloxochitla: proyecto a cargo de Luis Barba.

Teopanazgo: proyecto a cargo de Linda R. Manzanilla.

El 16: proyecto a cargo de Enrique Chacón.

Estudio de cerámicas del valle de México: proyecto a cargo de Raúl García.

El Coroco-Churubusco: proyecto a cargo de José Antonio Pérez y Tomás Villa.

Proyecto Xochicalco: a cargo de Norberto González (†) y Silvia Garza.

Proyecto Santa Cruz Atizapán: a cargo de Yoko Sugiura.

Proyecto Túnel de la Pirámide del Sol: estudio cerámico a cargo de Rebeca Sload.

Proyecto de arqueología experimental: a cargo de Alessandra Pecci.

## REFERENCIAS

BARBA, LUIS

- 1986 La química en el estudio de áreas de actividad, L. Manzanilla (ed.), *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México: 21-39.
- 2007 Chemical residues in lime-plastered archaeological floors, *Geoarchaeology*, 22 (4): 439-452.
- 2009 Los residuos químicos en cerámica. Indicadores arqueológicos para entender el procesamiento de alimentos y el uso de recipientes, *Memorias del XXX Congreso Internacional de Americanística*, Centro Studi Americanistici Circolo Amerindiano, Perugia: 721-728.

BARBA, LUIS Y GREGORIO BELLO

- 1978 Análisis de fosfatos en el piso de una casa habitada actualmente, *Notas Antropológicas*, I (Nota 24): 118-193.

BARBA, LUIS Y JOSÉ LUIS CÓRDOVA

- 1991 El potencial de hidrógeno en la arqueología, *Antropológicas* 6: 84-92

BARBA, LUIS Y ALBERTO HERRERA

- 1988 San José Ixtapa: un sitio arqueológico dedicado a la producción de mercurio, *Anales de Antropología*, 23: 87-104.

BARBA, LUIS Y LUZ LAZOS

- 2000 Chemical analysis of floors for the identification of activity areas: a review, *Antropología y Técnica*, 6: 59-70.

BARBA, LUIS, ELISEO LINARES Y GUILLERMO PÉREZ

- 1991 Estudio químico de tumbas saqueadas, *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos*, 36: 9-24.

BARBA, LUIS, BEATRIZ LUDLOW, LINDA MANZANILLA Y RAÚL VALADEZ

- 1987 La vida doméstica en Teotihuacán. Un estudio interdisciplinario, *Ciencia y Desarrollo*, XIII (77): 21-32.

BARBA, LUIS Y AGUSTÍN ORTIZ

- 1992 Análisis químico de pisos de ocupación un caso etnográfico en Tlaxcala, México, *Latin American Antiquity*, 3 (1): 63-82.

- 2012 Resultados del análisis de las vasijas recuperadas en las excavaciones del Túnel de la Pirámide del Sol, informe presentado a Rebeca Sload, Laboratorio de Prospección Arqueológica, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

BARBA, LUIS, AGUSTÍN ORTIZ, KARL LINK, LEONARDO LÓPEZ LUJÁN Y LUZ LAZOS  
1996 Chemical analysis of residues in floors and the reconstruction of ritual activities at the Templo Mayor, Mexico, M. V. Orna (ed.), *Archaeological chemistry*, American Chemical Society (Symposium Series, 625), Washington: 139-156.

BARBA LUIS, AGUSTÍN ORTIZ Y LINDA ROSA MANZANILLA  
2007 Commoner ritual at Teotihuacan, Central Mexico. Methodological considerations, N. Gonlin y J. Lohse (eds.), *Commoner ritual, and ideology in Ancient Mesoamerica*, University Press of Colorado: 55-82.

BARBA, LUIS, FABIENNE PIERREBOUGH, CLAUDIA TREJO, AGUSTÍN ORTIZ Y KARL LINK  
1995 Activités humaines reflétées dans les sols d'unités d'habitation contemporaine et préhispanique du Yucatan (Mexique): études chimiques ethnoarchéologiques et archéologiques, *Revue d'Archéométrie*, 19: 79-95.

BARBA, LUIS, ROBERTO RODRÍGUEZ Y JOSÉ L. CÓRDOVA  
1991 *Manual de técnicas microquímicas de campo para la arqueología*, Instituto de Investigaciones Antropológicas (Cuadernos de Investigación), Universidad Nacional Autónoma de México, México.

CHACÓN, ENRIQUE  
2010 *Una historia de la cultura tubar y los tubares: las barrancas de la sierra Tarahumara*, tesis, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

CHARTERS, S., RICHARD EVERSLED, L. J. GOAD, A. LEYDEN, P. W. BLINKHORN Y V. DENHAM  
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.

COE, SOPHIE  
1994 *America's first cuisines*, University of Texas Press, Austin.

CONDAMIN, J., F. FORMENTI, M. O. METAIS, M. MICHEL Y P. BOND  
1976 The application of gas chromatography to the tracing of oil in ancient amphorae, *Archaeometry*, 18 (2): 195-201.

DAHLIN, BRUCE H., CHRIS T. JENSEN, RICHARD TERRY, DAVID R. WRIGHT Y TIM BEACH

- 2007 In search of an Ancient Maya market, *Latin American Antiquity*, 18 (4): 363-385.

EIDT, ROBERT

- 1973 A rapid chemical field test for archaeological site surveying, *American Antiquity*, 38 (2): 206-210.  
1977 Detection and examination of anthrosols by phosphate analysis, *Science*, 197: 1327-1333.

EVERSHED RICHARD

- 1993 Biomolecular archaeology and lipids, *World Archaeology*, 25 (1): 74-93.  
2008a Organic residues in archaeology: the archaeological biomarker revolution, *Archaeometry*, 50 (6): 895-924.  
2008b Experimental approaches to the interpretation of absorbed organic residues in archaeological ceramics, *World Archaeology*, 40 (1): 26-47.

GARNIER, NICOLAS

- 2007 Analyse de résidus organiques conservés dans des amphores: un état de la question, M. Bonifay y J. C. Trégliá (eds.), *LRCW2 Late Roman Coarse Wares. Archaeology and Archaeometry*, Archaeopress (British Archaeological Reports International Series, 1662), Oxford: 39-49.

GARNIER, NICOLAS, TONY SILVINO Y DARÍO BERNAL

- 2011 The identification of the content of amphorae: oils, salsamenta and pitch, *Actes du Congrès SFECAG*, Société Française d'Etude de la Céramique Antique en Gaule, Marsella: 397-416.

GARCÍA, RAÚL

- 2004 *De Tula a Azcapotzalco: caracterización arqueológica de los Altepētl de la cuenca de México del Posclásico temprano y medio, a través del estudio cerámico regional*, tesis, Facultad de Filosofía y Letras-Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

GETINO FERNANDO Y AGUSTÍN ORTIZ

- 1998 La actividad ritual a nivel de barrio: el *momoztli* de Palma y Venustiano Carranza, *Arqueología*, 18: 119-138.

HURST, JEFFREY, STANLEY M. TARKA, TERRY G. POWIS, FRED VALDEZ Y THOMAS HESTER

- 2002 Cacao usage by the earliest Maya civilization, *Nature*, 418 (99): 289-290.

LÓPEZ VARELA, SANDRA, AGUSTÍN ORTIZ Y ALESSANDRA PECCI

- 2005 Ethnoarchaeological study of chemical residues in a "living" household in Mexico, H. Kars y E. Burke (eds.), *Proceeding of the 33rd International Symposium on Archaeometry, 22-26, april 2002, Amsterdam*, Oxbow, Oxford: 19-22.

MALAINÉY, MARY E., ROMAN PRZYBYLSKI Y B. L. SHERRIFF

- 1999a Identifying the former contents of Late Precontact period pottery vessels from Western Canada using gas chromatography, *Journal of Archaeological Science*, 26 (4): 425-438.
- 1999b The fatty acid composition of native food plants and animals of Western Canada, *Journal of Archaeological Science*, 26 (1): 83-94.
- 1999c The effects of thermal and oxidative degradation on the fatty acid composition of food plants and animals of Western Canada: implications for the analysis of archaeological vessel residues, *Journal of Archaeological Science*, 26 (1): 95-103.

MANZANILLA, LINDA

- 1993 *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztotyahualco*, tomos I y II, Linda Manzanilla (coord.), Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

MANZANILLA, LINDA Y LUIS BARBA

- 1990 The study of activities in classic households. Two case studies from Coba and Teotihuacan, *Ancient Mesoamerica*, 2: 299-307.

MARTÍNEZ MORALES, JUAN MANUEL

- 2006 *La funcionalidad de las cerámicas de la cuenca de México, a través de la clasificación morfológica y el análisis de residuos químicos: el caso arqueológico del sitio Axotlan*, tesis, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

MIDDLETON, WILLIAM D.

- 2004 Identifying chemical activity residues in prehistoric house floors: a methodology and rationale for multi-elemental characterization of a mild acid extract of anthropogenic sediments, *Archaeometry*, 46 (1): 47-65.

MIDDLETON, WILLIAM Y DOUGLAS PRICE

- 1996 Chemical analysis of modern and archaeological house floors by means of inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy, *Journal of Archaeological Science*, 23 (5): 673-687.

MIDDLETON, WILLIAM, LUIS BARBA, ALESSANDRA PECCI, JAMES BURTON, AGUSTÍN ORTIZ, LAURA SALVINI Y ROBERTO RODRÍGUEZ

- 2010 The study of archaeological floors. Methodological proposal for the analysis of anthropogenic residues by spot test, ICP-OES and GC-MS, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 17: 183-208.

MOTTRAM, HAZEL R., STEPHANIE N. DUDD, G. J. LAWRENCE, A. W. STOTT Y RICHARD EVERSLED

- 1999 New chromatographic, mass spectrometric and stable isotope approaches to the classification of degraded animal fats preserved in archaeological pottery, *Journal of Chromatography*, 833: 209-221.

ORTIZ, AGUSTÍN

- 1990 *Oztoyahualco. Estudio químico de los pisos estucados de un conjunto residencial teotihuacano para determinar áreas de actividad*, tesis, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.
- 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, 5-11 agosto de 1996.

ORTIZ, AGUSTÍN Y LUIS BARBA

- 1992 Estudio químico de los pisos del Satunsat en Oxkintok, Yucatán, *Oxkintok*, 4: 119-126.
- 1993 La química en el estudio de áreas de actividad, L. Manzanilla (coord.), *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*, vol. II, Los estudios específicos, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México: 617-660.

PECCI, ALESSANDRA

- 2003 Los alimentos y sus residuos químicos. Arqueología experimental para entender actividades prehispánicas, *Quaderni di Thule*, 3: 75-83.
- 2005 *Per una definizione funzionale degli spazi e delle ceramiche all'interno degli insediamenti in corso di scavo: un progetto archeometrico*, tesis, Università degli Studi di Siena, Siena.
- 2007 Potenzialità delle analisi chimiche applicate all'archeologia dei consumi alimentari: un bilancio delle conoscenze, A. Ciacci, P. Rendini, A. Zifferero

y C. D'Amico (ed.), *Archeologia della vite e del vino in Etruria*, Ci.Vin, Siena: 123-131.

2009a    Analisi chimiche delle superfici pavimentali: un contributo all'interpretazione funzionale degli spazi archeologici, G. Volpe y P. Favia (eds.), *V Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, All'Insegna del Giglio, Florencia: 105-110.

2009b    Analisi funzionali della ceramica e alimentazione medievale, *Archeologia Medievale*, 36: 21-42.

PECCI ALESSANDRA, VALENTINA BELLUCCI Y CHIARA VALDAMBRINI

2007    Analisi delle sepolture di San Pietro (Grosseto) e Castel di Pietra (Gavorrano, GR): distribuzione spaziale dei residui organici, C. D'Amico (a cura di), *Atti del IV Congresso nazionale AIAR, Pisa 1-3 febbraio 2006*, Pàtron, Bologna: 731-739.

PECCI, ALESSANDRA Y MIGUEL ÁNGEL CAU

2012    Risultati preliminari delle analisi dei pavimenti, F. Anichini (ed.), *Massaciuccoli Romana. La campagna di scavo 2011-2012. I dati della ricerca*, Nuova Cultura, Roma: 389-383

PECCI, ALESSANDRA, MIGUEL ÁNGEL CAU, CHIARA VALDAMBRINI Y FERNANDA INSERRA

2013b    Understanding residues of oil production: chemical analyses of floors in traditional mills in the Western Mediterranean, *Journal of Archaeological Science*, 40: 883-893.

PECCI, ALESSANDRA, MIGUEL ÁNGEL CAU Y NICOLAS GARNIER

2013c    Identifying wine and oil production: analysis of residues from Roman and Late Antique plastered vats, *Journal of Archaeological Science*, 40: 4491-4498.

PECCI, ALESSANDRA, GIANLUCA GIORGI, LAURA SALVINI Y MIGUEL ÁNGEL CAU

2013a    Identifying wine markers in ceramics and plasters with gas chromatography/mass spectrometry, experimental and archaeological materials, *Journal of Archaeological Science*, 40: 109-115.

PECCI ALESSANDRA, AGUSTÍN ORTIZ Y LUIS BARBA

en prensa    Los residuos químicos de la producción de pulque. Etnoarqueología y arqueología experimental, *Latin American Antiquity*.

PECCI, ALESSANDRA, AGUSTÍN ORTIZ, LUIS BARBA Y LINDA MANZANILLA

- 2010 Distribución espacial de las actividades humanas con base en el análisis químico de los pisos de Teopancazco, Teotihuacan, E. Ortiz (ed.), *VI Coloquio Pedro Bosch Gimpera*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México: 453-478.

PECCI, ALESSANDRA, AGUSTÍN ORTIZ Y SANDRA LÓPEZ

- 2011 Tracce chimiche delle attività umane: distribuzione spaziale dei residui in una abitazione-laboratorio di ceramica a Cuentepec (Messico), F. Lugli, A. Stoppiello y S. Biagetti (eds.), *Proceedings of the 4th Congress of Ethnoarchaeology (2006)*, Archaeopress (British Archaeological Reports International Series, 2 235), Oxford: 189-192.

PIERREBOUGH, FABIENNE, LUIS BARBA Y CLAUDIA TREJO

- 2001 Etnoarqueología y análisis químicos en una unidad habitacional tradicional de Muxucucab, Yucatán, *Anales de Antropología*, 34: 105-131.

REGERT, MARTINE

- 2011 Analytical strategies for discriminating archaeological fatty substances from animal origin, *Mass spectrometry reviews*, 30: 177-220

ROMANUS, KERLIJNE, JAN BAETEN, JEROEN POBLOME, SABINA ACCARDO, PATRICK DEGRYSE, PIERRE JACOBS, DIRK DE VOS Y MARC WAELEKENS

- 2009 Wine and olive oil permeation in pitched and non-pitched ceramics: relation, with results from archaeological amphorae from Sagalassos, Turkey, *Journal of Archaeological Science*, 36: 900-909.

SLOAD, REBECA

- 2007 Radiocarbon Dating of Teotihuacan mapping project TE28 material from cave under Pyramid of the Sun, Teotihuacan, Mexico, Informe FAMSI disponible en <<http://www.famsi.org/reports/06017>> [consulta: diciembre de 2013].

TERREROS OLIVARES, MARTÍN

- 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, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

- TERRY, RICHARD, FABIÁN G. FERNÁNDEZ, J. JACOB PARNELL Y TAKESHI INOMATA  
2004 The story in the floors: chemical signatures of ancient and modern Maya activities at Aguateca, Guatemala, *Journal of Archaeological Science*, 31: 1237-1250.
- VALADEZ, RAÚL, RAÚL GARCÍA, BERNARDO RODRÍGUEZ Y LUIS GAMBOA  
2001 Guajolotes y alimentación prehispánica, *Ciencia y Desarrollo*, XXVII (157): 54-63.
- VILLEGAS, EDWINA Y ALEJANDRA PATTERSON DELAYE  
2003 *Análisis químicos de residuos en vasijas arqueológicas para determinación del contenido y función de los materiales del Coroco-Churubusco*, tesis, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.
- WELLS, E. CHRISTIAN  
2004 Investigating activity patterns in prehispanic plazas: weak acid-extraction ICP-AES analysis of anthrosoles at classic period El Coyote, Northwestern Honduras, *Archaeometry*, 46 (1): 67-84.
- WELLS, E. CHRISTIAN Y JOSÉ E. MORENO CORTÉS  
2010 Chimie du sol et activités humaines anciennes: les exemples archéologiques du Mexique et d'Amérique centrale, *Étude et Gestion des Sols*, 17 (1): 67-78.