

LAS ARCILLAS

Renata Schneider Glantz**



A manera de resumen y de muy apretada presentación

El presente texto fue escrito a manera de una breve introducción al mundo de las arcillas y de los cerámicos que éstas producen.

Cómo se verá en las líneas que siguen, conocer el funcionamiento de tales sustancias implica una relación de trabajo muy estrecha con otros campos y/o disciplinas que estudian a las arcillas, y que las manufacturan y usan de muy diversas formas. En este caso en concreto, decidí abordar básicamente su funcionamiento fisicoquímico y su fundamentación tecnológica; ya que dado lo extenso del tema, sería parte de otro escrito hablar de su deterioro o de las técnicas de intervención que se emplean para restaurar la cerámica. Así, pues, en

estas breves líneas veremos qué es una arcilla, cómo se le clasifica, cómo se manipula y cómo es que da lugar a un cerámico. Espero haber escrito con claridad y sin demasiados rodeos; y, fundamentalmente, espero que lo que sigue a continuación les sea de alguna utilidad.

¿Qué es una arcilla?

Por lo regular el término arcilla denota a un material terroso de partícula pequeña que suele volverse plástica cuando se agrega agua. En realidad, como las arcillas son materiales estudiados por una gran cantidad de áreas distintas pueden ser clasificadas de muy diversas maneras; entre las que destacan las siguientes:

A. Clasificación geológica. Bajo la perspectiva de los geólogos, las arcillas son, por su formación, resultado de la descomposición y rompimiento de rocas compuestas de silicoaluminatos (Feldespatos). Esta descomposición se da gracias a factores físicos

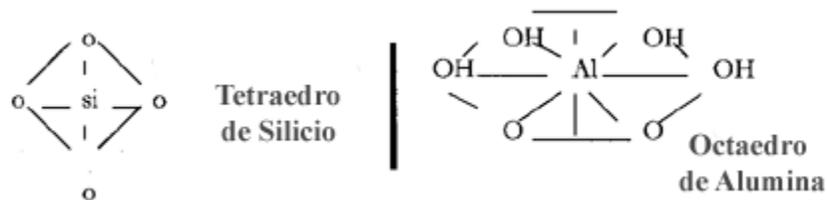
- arrastre del viento, dilatación-expansión
- químicos ? hidrólisis, lixiviación y/o biológicos

- asimilación de los materiales constitutivos por parte de organismos vivos.

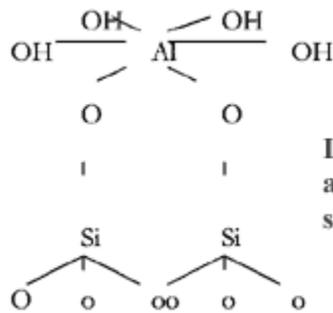
Así, se obtiene un material inorgánico que tras constantes mecanismos de degradación tendrá un perfil característico; esto, no sólo por estar formado químicamente por los mismos materiales (silicoaluminatos: $\text{SiO}_2 \text{ Al}_2 \text{ O}_3$), sino también porque su partícula (textura) será sumamente pequeña (se contabilizarán las partículas cuya dimensión va de 2 a 4 micras, y si estas dominan tenemos "arcillas").

Pero por otra parte, los geólogos también clasifican a las arcillas como "primarias" o "secundarias" y ello está relacionado con la cercanía (o distancia) que presenta la arcilla con respecto a su roca madre o roca formadora. Las arcillas "primarias" o "residuales" son las que se encuentran cercanas a la roca madre y que por lo tanto tienen poca materia orgánica y cantos aristasos. En cambio, las arcillas secundarias se encuentran lejos de la roca y gracias al arrastre del viento y del agua son de cantos redondeados, así como tienden a absorber materia orgánica.

B. Por su lado, los químicos, para poder entender el funcionamiento de las arcillas necesitaron de la invención de un modelo teórico basado en la reactividad eléctrica de los elementos presentes en los silicoaluminatos. Bajo este presupuesto se dice que los cationes al oxidarse¹ disminuyen su tamaño (Na, K, Mg, AL, Si, etc.) y por el contrario, los aniones crecen al reducirse (O, Br, I, etc.). Los aniones tienden a formar paquetes cerrados y los cationes a ocupar pequeños espacios en el centro o los vértices:



Como las cargas de los aniones no se han llenado en el caso de los silicatos, éstas figuras suele combinarse entre si para formar hojas planas en las que el oxígeno se comparte en las esquinas. Por su parte los aluminatos forman octaedros que también presentan una carga insatisfecha (o "carga residual"), por lo que buscarán a los tetraedros de silicio, formando hojas tridimensionales, que conocemos cómo *láminas*:



Lamina de un octaedro de alumina y un tetraedro de silicio (lámina 1:1)

Así, por ejemplo está es la estructura ideal para las caolinitas puras, que son la materia prima de la porcelana china; sin embargo, por el intercambio iónico de los suelos pueden estar presentes cationes como Mg o Fe reemplazando al Al ó éste último puede reemplazar al Si, generando una diferencia de carga positiva que atrae otros cationes. Así, de la presencia de éstos últimos se derivará, por sustitución, el tipo o clasificación química de las arcillas: a un catión dominante una familia de arcillas. A esto, también hay que añadirle dos posibilidades de combinación de las hojas que forman las láminas, ya que hay láminas 1:1, como la del diagrama; o 2:1 (dos hojas de tetraedros que encierran una hoja octaédrica de alumina).

En fin... todo esto tan complicado, nos sirve para saber que esta capacidad de las arcillas de intercambiar iones (el Al por el Si, como dijimos; o atrayendo otros cationes sueltos en el agua) genera una diferencia de carga positiva en la molécula que les confiere a las arcillas características como las siguientes:

- tienen cristales muy pequeños
- tienen la capacidad de variar su composición química interna al absorber iones del suelo y del agua que corre por él
- pueden alojar moléculas en el interior de su espacio interlaminar
- la superficie de las láminas presenta actividad química por la diferencia de cargas, pero los cambios físicos que pueda sufrir la molécula son reversibles (v.g.r. si se hinchan cuando absorben moléculas muy grandes en su interior)

Estas nociones parecen confusas por ahora, pero pronto se nos aclararan, por ahora pasemos a la clasificación mineralógica de las arcillas.

C. Clasificación mineralógica.

Como hay cientos de minerales arcillosos la clasificación ha sido muy difícil, además no hay que olvidar que los intercambios iónicos son muy comunes y eso nos altera las propiedades de una arcilla que en un principio fue, por ejemplo "X" y ahora puede comportarse como "Z". En este caso, yo les presento la clasificación

propuesta por la arqueóloga Prudence Rice, con algunas modificaciones que tomé de Domínguez y Shifter

1. Filosilicatos o arcillas de láminas

A. Arcillas de 2 hojas (1: 1) a. Gpo. Caolinita b. Gpo. Hallosyta

B. Arcillas de 3 hojas (2: 1) a. Gpo. Esmectitas b. Gpo. Illitas

2. Arcillas de capa u hoja mixta Gpo. de las Micas

3. Arcillas de listón a. Gpo. Attapulgita b. Gpo. Sepiolita

De todos estos grandes grupos, a nosotros nos interesan los filosilicatos debido a que producen cerámicos. De dicho grupo solemos rescatar a las caolinitas o arcillas blancas, y a las illitas y a las esmectitas (mejor conocidas como montmorillonitas o arcillas expandibles). Importándonos que las caolinitas son arcillas medianamente plásticas (porque sus hojas se atraen mucho entre sí y no puede entrar el agua y permitir que se deslicen las láminas unas sobre otras), muy ricas en aluminio (lo que le confiere a la cerámica cualidades refractarias) y por lo general, contienen pocas impurezas; es decir, suelen considerarse residuales. Por su parte, las montmorillonitas son todo lo contrario, de partícula muy pequeña y colores derivados de los óxidos de hierro que contienen (¿han oído de las terracotas?), son sumamente plásticas y por tanto crecen mucho cuando se les agrega agua; agua que si pierden en demasía, las hará craquelarse. Finalmente, las illitas se comportan como en un nivel intermedio a éstas dos, pero se considera que son inestables en la cocción, siendo buenas, más que nada, para la elaboración de engobes.

D. Por último sólo nos resta decir que así como hay clasificaciones "serias", también hay clasificaciones empíricas, que son igualmente importantes en nuestra labor. Sí, me refiero a las catalogaciones que hace un artesano de su barro ("magro", "graso", "duro"), un arqueólogo de su depósito ("de textura fina", "gruesa"), un comerciante ("earthenware", "stoneware") o un industrial ("arcilla bola", "arcilla refractaria", "arcillas porcelanas"). Cada uno de estos nombres se refiere a cosas muy distintas que, difieren entre sí, por el uso que se le piensa dar a las arcillas o a la cerámica producida con ellas. En muchos de los casos una y otra cosa son lo mismo, si cambiamos de especialidad: por ejemplo, una terracota del artesano es una arcilla bola o ferruginosa para la industria de los ladrillos.

Pero bueno, ¿nosotros qué hacemos con tanta clasificación?, ¿para qué necesitamos saber todos esos nombres y fórmulas? Creo que la respuesta es necia; sin embargo, es importante recordar que ningún restaurador puede acceder a su materia de trabajo si no sabe cómo es que fue hecho el objeto, en qué se relaciona el deterioro que presenta con su materia prima o con cómo fue manipulada; y finalmente, sin saberlo, no podemos establecer una intervención éticamente adecuada. Saber cada una de las posibilidades de manufactura de un objeto nos resuelve muchos problemas, así como saber para qué o con qué sentido se elaboró la pieza.

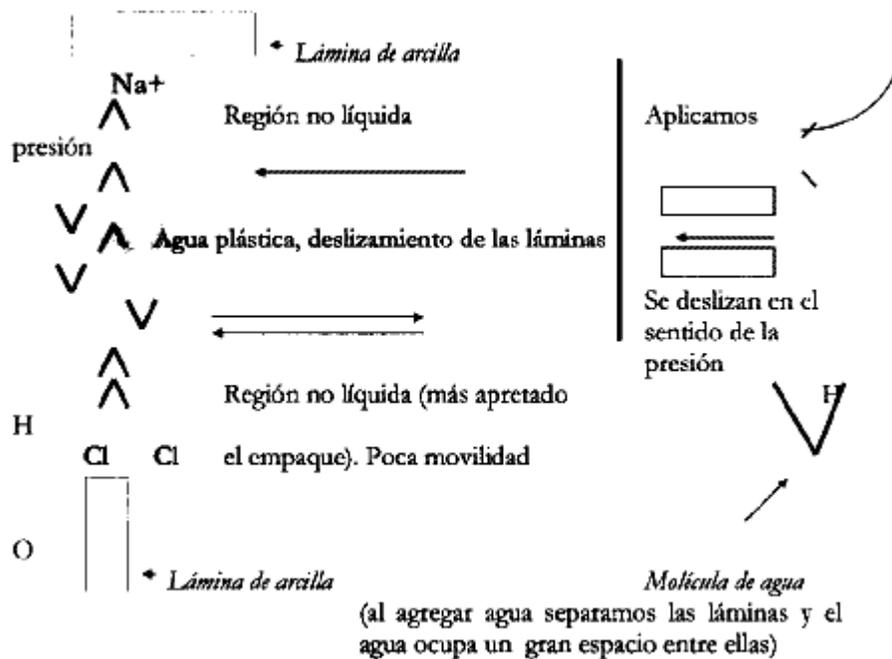
II. ¿Cómo es que las arcillas se transforman en un objeto cerámico?

Para poder hablar de la manufactura de un cerámico, primero tenemos que hablar de la otra materia prima que se necesita para realizarlo: el agua. De este modo empezaremos a hablar de lo que se conoce como el sistema agua-arcilla, que en sí es simplemente la relación entre el líquido y las sales que en forma disuelta lleva consigo y la arcilla y su capacidad de intercambio iónico. En el sistema agua arcilla existen cuatro clases de agua:

1. Agua estructural o de composición. Es el agua intramolecular que sólo se perderá al cocer.
2. Agua adsorbida en la superficie de las láminas. En este caso hablamos del agua intermolecular, parte se pierde en el secado y parte durante la cocción.
3. Agua de poro. Hablamos del agua que se encuentra en los poros pasados el primer secado.
4. Agua plástica, mecánicamente combinada o agua física. Esta es el agua que nos permite convertir la masa de barro en un objeto, y es el agua que le agrega el artesano.

¿Recuerdan que había cargas libres por ahí en las superficies de las láminas de arcilla? Bueno, cuando nosotros agregamos agua a nuestra arcilla estamos dando lugar a la aparición del fenómeno de plasticidad, capacidad que perderá nuestra masa una vez que se evapore cierta cantidad de agua, en específico de la que llamamos Agua mecánicamente combinada.

La cosa es más o menos así: cuando agregamos agua al conjunto arcilloso se genera un campo eléctrico que rodea los iones que ya teníamos naturalmente adsorbidos en las superficies de nuestras láminas² (por ejemplo los que provienen del agua que permanece en el banco), así las moléculas de H₂O se adsorben inmediatamente y están tan estrechamente ligados a los iones que los jalaron (los positivos con la parte negativa de la molécula de agua y viceversa) que forman un estado casi cristalino o no líquido que se va volviendo menos rígido conforme las demás moléculas de agua se alejan de los iones que las atraen. Justamente esta característica del sistema agua arcilla es lo que permite que moldeemos una pieza:



Claro está que tal característica se ve modificada según varios factores, como pueden ser:

- el tamaño de la partícula de arcilla (a más pequeño más lubricación, como en las montmorillonitas),
- forma de la partícula (más aristosa menor plasticidad y lubricación, como con las arcillas residuales),
- la tensión superficial del agua) o,
- la cantidad de minerales no arcillosos (a más materia orgánica más plasticidad porque ayudan a lubricar. Este es el caso de la famosa pudrición o agriado de las arcillas, técnica antiquísima que consiste en dejarlas por años mezclándose con desechos orgánicos).

Ahora bien ya mencionamos a toda velocidad cómo es que le damos forma a nuestras materias primas, pero ¿cómo es qué mantienen la forma que les dimos?

Aquí debemos agradecerle a otro fenómeno: la tixotropía o, dicho a vuelo de pájaro, la capacidad que tienen las estructuras arcillosas de romper momentáneamente los enlaces que las conglomeran si reciben presión, pero de inmediatamente reacomodarlos una vez eliminada la fuerza (por eso podemos elevar una masa de lodo con un torno y formar una vasija). La tixotropía es la relación que se establece entre la plasticidad y la capacidad de compresión de las láminas de un tipo dado de arcilla y es característica no sólo de estos minerales sino de cualquier partícula de textura fina que se comporte como coloide.

Como siguiente punto tenemos que hablar de otro de los procesos de manufactura, tal vez del más delicado de todos: el secado.

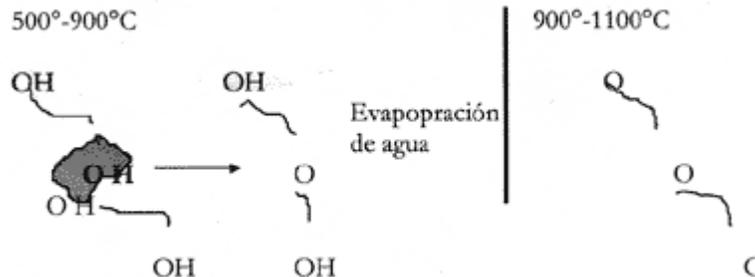
Técnicamente el secado es el equilibrio que se establece entre la HR del aire y la pieza que manufacturamos. La arcilla húmeda seca al ser absorbida la humedad de ésta por el aire circundante, cuando el aire tiene tanta agua como la arcilla el secado cesa. Así, después de que una masa de arcilla y agua se modela a la forma deseada, es factible dejarla secar. El secado es un paso peligroso, ya que durante la evaporación existen tensiones que pueden causar deformaciones y craqueladuras (que pueden notarse inmediatamente o hasta la cocción). Las fallas se producen porque durante el secado el agua que rodea las láminas es evaporada y éstas últimas se acercan, produciendo un encogimiento y la pérdida de plasticidad. Hay tres factores relacionados con el secado: la temperatura, la humedad relativa y el movimiento del aire en la superficie de la pieza. Estos tres factores se manifiestan al relacionarse con la pérdida del agua plástica y del agua de poro. Cuando se evapora la primera, nuestra pieza se encoge y queda en estado de baqueta o de dureza de cuero (donde te queda un cuerpo poroso y seco que puede todavía modificarse un poco bajo presión). Posteriormente, y con un rango de días mucho mayor, se va evaporando el agua de poro, que debe salir lenta y completamente para que no se provoquen estallamientos en nuestra pieza cuando al cocer aumentemos la temperatura.

Seguidamente se le suele poner el engobe a la pieza (por lo general cuando la pieza está en estado de baqueta). El engobe es un recubrimiento hecho con arcillas iguales o más finas a las que constituyen el objeto y se emplea como acabado, o para servir como vehículo de la aplicación de color (dado en la pasta o sobre ella, mediante pigmentos estables a la temperatura como son los óxidos de los metales de transición), para cubrir las manchas de eflorecencias salinas y, también como material intermedio entre el objeto y el vidriado. Los engobes se pueden alisar -con la mano-, pulir -con textiles o palitos-, o bruñir -con una piedra de río lisa.

Finalmente, pasamos a la cocción, proceso en el cual las arcillas se modifican y reacomodan de tal manera que ya no podremos identificarlas después ni con las técnicas de análisis más sofisticadas³. En la cocción tenemos tres estados o procesos que dependen de la temperatura obtenida: el sancocho o bizcocho (cocción a 200°-300° C, usada para evitar que el agua de poro que resta se evapore de golpe y fracture la pieza); el cocimiento (que puede ser uno sólo o sucesivos recalentamientos, según la función del objeto: al rojo brillante, 700°-900° C para tejas o ladrillos, el cocido, 900°-1200° C, para las porcelanas); y el recocido, proceso que se usa para las piezas que llevan vidriados (donde la temperatura es baja, dado que la pieza ya se coció). Siempre será importante ir bajando la temperatura del horno poco a poco para no producir shocks eléctricos, y por ende fisuras.

Ahora bien, la cocción debe entenderse como un proceso que implica dos momentos: la disociación y/o descomposición de especies y un reacomodo atómico (por reacciones de óxido-reducción, recristalizaciones, recombinaciones

de elementos, etc.). En concreto, estamos hablando de la formación de redes poliméricas inorgánicas que conservan su forma espacial original. Es importante recalcar que cada sustancia cambia a una temperatura dada, por su lado y si coincide con otra se recombinará.



Resumiendo un proceso tan complicado, podemos decir que a nivel físico existen cuatro modificaciones importantes en las piezas una vez que las hemos cocido:

1. Cambios de volumen, densidad y peso, debidos al escape de gases,
2. Cambios en la porosidad (disminuye casi siempre, a menos que tuviéramos mucha materia orgánica que al quemarse dejará huecos)
3. Cambios en la resistencia física (el objeto es más rígido y estable al los cambios atmosféricos, pero más quebradizo) y,
4. Cambios en las propiedades ópticas, térmicas y eléctricas.

Otro punto importante es el color de la masa cerámica ante la cocción. Por lo general podemos decir que cuando se cuece en hornos que presentan atmósferas libres de oxígeno se obtiene una cerámica con tonalidades oscuras (atmósferas reductoras); por el contrario, en presencia de oxígeno tendremos colores brillantes (los matices rojizos dependerán de la cantidad de hierro presente; asimismo, si se cuece sin oxígeno el Hierro puede llegar a dar tonos grises). Por último, la materia orgánica puede generar manchas oscuras a temperaturas bajas.

Para concluir, hace falta mencionar a los vidriados, esas capas transparentes y/o translúcidas que hacen impermeables a las piezas y que se aplican sumergiendo la pieza en las mezclas de fundentes, metales, aluminio y sílice, y cociéndolas después. Los vidriados en México aparecen hasta la colonia y fueron generalmente de dos tipos: plumboestanníferos (propios de la loza fina, la mayólica y la talavera) o de sal (usados para la cerámica de uso rudo). También fue muy común el empleo de los esmaltes, vidriados con pigmentos y opacados con óxido de titanio. Una vez finalizado este paso, la piezas podían pintarse con pigmentos inestables a la temperatura, ya que no se cocerían más.

Bibliografía básica

- BUYS, SUSAN y Victoria Oakley; The conservation and restoration of ceramics; Butherworths-Heinemann; UK, 1996.
- CRUZ-LARA, A.; "Primera propuesta para el manual de conservación de cerámica. Arcillas"; mecanoescrito; ENCRM; 1995.
- DOMINGUEZ; Las arcillas. El barro noble; SEP-FCE; Col. La Ciencia desde México, No. 109; México, 1992.
- FLORES, A; Arcillas; INAH; Col. Estudios de la ENAH. Dpto. Prehistoria; No. 5; México, 1980. GRIMSHAW, REX.; The chemistry and physics of clays; Techbooks; UK, 1971. 4a. ed.
- HAMER, F y J; Clays; Pitman Publishing Limited; UK, 1977.
- KINGERY et.al., Introduction to ceramics; John Wiley and Sons; USA, 1976.
- RADA, P.; Las técnicas de la cerámica; Ed. Libsa; España, 1990.
- RADO, PAUL; Introducción a la tecnología de la cerámica; Ed. Omega; España, 1990.
- RICE, P.; Pottery analysis. A sourcebook; The University of Chicago Press; USA, 1987.
- WORRAL, N; Clays and ceramics raw materials; Elsevier Applied Science Publishers; UK, 1986.
- AAVV. Tesis de licenciatura producidas en la ENCRM-INAH. 1990-1996.

Notas

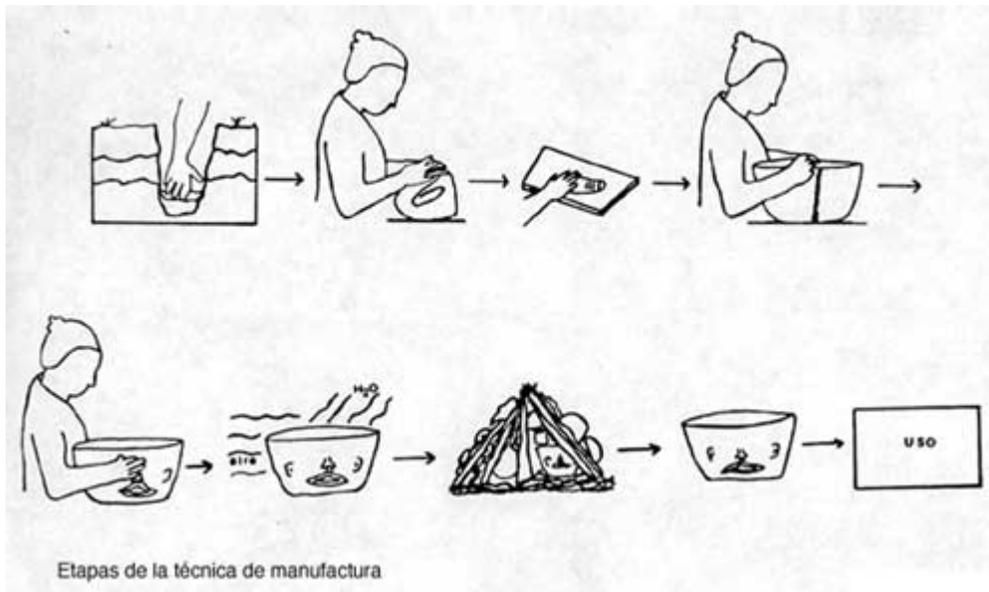
1. Como proceso de óxido-reducción es que conocemos un cierto tipo de relación entre dos elementos; donde al unirse uno gana electrones (se reduce) y el otro los pierde (se oxida). Por ejemplo, el sodio es eléctricamente neutro al igual que el cloro, pero al combinarse para formar la sal común o cloruro de sodio, el cloro se reduce (Cl^-) y el sodio se oxida (Na^+). Otro ejemplo es el que nos atañe: el silicio al combinarse con el oxígeno cede 4 electrones y queda cargado positivamente, y el oxígeno gana 4 cargas. 2. Adsorción es el proceso mediante del cual las moléculas de un líquido son retenidas sobre la superficie de un sólido mediante enlaces cuya potencia es similar a un enlace químico. Se diferencia de la absorción porque en ésta última el líquido penetra al sólido. 3. Esto puede no ser cierto en los casos en que las arcillas no pasan por un proceso de cocción completo. 4. Esto puede comprobarse cuando vemos un canto fracturado de algún tiesto o tepalcate, por lo general será negro en el interior si las paredes son muy gruesas y el oxígeno no pudo penetrar el material.

**Renata Schneider es licenciada en restauración. En 1993 comenzó a trabajar en el Dpto. de Material Arqueológico y Pintura Mural de la CNRPC, y desde 1995 es profesora titular de la asignatura "Química Inorgánica I. Química de Arcillas", de la ENCRM-INAH. Actualmente se encuentra realizando sus estudios de maestría en la UNAM.

[Regresar al índice](#)

NATURALEZA Y ALTERACION DE UNA VASIJA CERAMICA DE SAN LORENZO TENOCHTITLAN, VERACRUZ, A TRAVES DE TRES ANÁLISIS SELECTOS.

Lic. Ma. Eugenia Guevara Muñoz
Lic. Margarita López Fernández
ENCRM-INAH



INTRODUCCIÓN

Actualmente en México existen medios tecnológicos que permiten analizar de manera más específica las características del material cerámico y sus alteraciones. La información que estos medios proveen es fundamental para el planeamiento de materiales y métodos en restauración verdaderamente útiles.

A través del estudio del material de un bien cultural cerámico es posible obtener información correspondiente a su naturaleza y alteración (Guevara et. Al 1996). En este trabajo se propone el aprovechamiento de tres técnicas selectas de análisis que son innovadoras en el campo de investigación del material cerámico. Estas técnicas permitieron profundizar en el conocimiento de las causas y los efectos de alteración, transformación y deterioro ocurridos en el bien cultural a través del tiempo.

Durante la temporada de excavación en la zona arqueológica de San Lorenzo Tenochtitlán, Veracruz, México, en 1994 se descubrió una vasija cerámica excepcional perteneciente a la cultura olmeca del Preclásico Inferior (1500-900 a.C), por sus características específicas resultaba de gran importancia (Cyphers, 1994). Debido a la naturaleza mineralógica, este bien cultural presentaba grandes problemas de inestabilidad que propiciaban un microfisuramiento intenso. Para comprender y resolver su problemática se desarrolló una metodología científica

que tuvo como finalidad conocer los materiales constitutivos, la técnica de manufactura y la interacción que desarrolló con el contexto de enterramiento.

El estado de conservación en que se encontró la vasija cerámica que es objeto de este estudio, era de gran importancia ya que todavía presentaba el suelo contenido, lo cual significaba que aún se tenía una muestra representativa del contexto de enterramiento. En la intervención de bienes culturales cerámicos no es común encontrarse con esta posibilidad, la cual es útil en la realización de estudios sobre la naturaleza de estos materiales y así poder obtener mejores resultados.

Los agentes de alteración que actuaron sobre la vasija de San Lorenzo Tenochtitlán de acuerdo a los factores que los produjeron son; por un lado los factores extrínsecos, que son aquellos que no tienen que ver con la naturaleza del objeto como son: la técnica de manufactura y los materiales constitutivos.

MEDIO AMBIENTE Y CONTEXTO DE ENTERRAMIENTO

Para Poder comprender las causas que dieron origen al estado de conservación en el que se encontraba la vasija cerámica, fue necesario obtener muestras del contexto de enterramiento, las cuales fueron extraídas del suelo contenido ya que éste fungía como parte del contexto. Por otro lado, para contrastar por las muestras anteriores fue necesario tomar del material con el que estaba manufacturada la pieza.

Las muestras extraídas del suelo contenido fueron analizadas con Microscopía electrónica de Barrido (MEB). El objetivo de este análisis fue la observación con detalle la distribución lineal y espacial de los materiales constitutivos. Las muestras de la cerámica se analizaron con microscopio petrográfico para poder observar su estructura interna y mineralógica, así como la morfología que presentaban; infiriendo con ello, que el medio ambiente y el contexto de enterramiento la afectaron.

Debido a que la vasija cerámica estuvo enterrada durante un largo período, las características del suelo contextual fueron determinantes en su alteración. Para entender la dinámica que se estableció entre el suelo y la pieza era necesario comprender, en primer lugar, las características de ambos sujetos de estudio. De acuerdo con los resultados obtenidos durante esta investigación, se estableció que dentro de los factores más relevantes en la formación del suelo destacaba el clima. El que tuvo control sobre algunas reacciones químicas e influencia sobre otros factores ambientales como el relieve y el tiempo. Esta dinámica se estableció mediante la erosión y la depositación de materiales formadores de suelos, los que al ser enterrados interrumpían su evolución y ocasionaban que el nuevo depósito comenzara una etapa (tiempo cero). Los procesos que se dieron en el contexto de enterramiento (suelo) y que tuvieron interacción con la vasija cerámica fueron los siguientes:

a) Eluviación e Iluviación: Estos procesos se refieren a la migración e inmigración de productos formados en el suelo. El estudio micromorfológico del suelo

contenido en la vasija realizado con la técnica de microscopía, permitió observar que sobre la superficie externa e interna se encontraban algunas películas de sílice y hierro amorfo que el proceso de eluviación había depositado. Del mismo modo, se observaron las muestras del material cerámico -utilizando también la técnica de MEB- y se detectaron las películas de amorfos. Estas no sólo se localizaban en la superficie del material, sino que también aparecían en los planos de grietas, cámaras y poros.

b) Lavado: Se trata de una migración mecánica de compuestos y partículas, por efecto únicamente de la acción del agua. Es una fase de transporte que produce un enriquecimiento relativo de un determinado compuesto que por condiciones de baja permeabilidad o drenaje deficiente tiende a acumularse. Así, el suelo contenido en la vasija presentaba un drenaje impedido debido al fondo casi impermeable de la pieza. Esto propició una acumulación de bases intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+}) que fueron transportadas por el agua como se corroboró con las microfotografías del MEB. Por otra parte este lavado generó la presencia de películas constituidas por sales solubles (solvanes), las que son muy evidentes tanto en la superficie interna de la vasija como en algunos fragmentos presentes en el suelo contenido en la misma. (Gama, 1996).

c) Lixiviación: Define el deslave o eluviación intensa de materiales de sollum (1-1.50 m). Sin embargo, la vasija no fue afectada directamente por este proceso, ya que se encontraba enterrada a mayor profundidad.

d) Acidificación: Los procesos anteriores provocaron una fase de pérdida de bases alcalino terreas, propiciando un incremento relativo del contenido H^{+} y Al^{+++} . Este incremento generó acidificación y solubilización de compuestos ricos en hierro soluble, el cual es muy móvil por lo que es fácil de lixiviar. El hierro de esta manera, se depositó de manera heterogénea sobre la pared externa de la vasija cerámica como se pudo notar en el microscopio petrográfico. La observación macroscópica de este hierro sobre la superficie externa de la vasija induce a un estado severo de oxidación. Sin embargo, esto sería errónea ya que el análisis petrográfico indicó que los minerales presentes en la cerámica no han sido alterados por oxidación, detectándose únicamente hidrólisis en algunos piroxenos y vidrios volcánicos.

e) Argiloedafoperturbación: consiste en la presencia de un coeficiente alto de expansión-contratación que muestran algunas micas, hidrómicas y arcillas 2: 1 que están presentes tanto en el suelo contextual como en la vasija cerámica y en el suelo contenido. Estos fenómenos de expansión-contracción, están íntimamente relacionados con fenómenos de humectación-deseccación del medio. Esta dinámica actuó negativamente sobre la vasija. Los materiales que constituyen al suelo, reconocidos por el análisis de Difracción de Rayos X son micas, hidromicas y protomontmirillonitas, las que generaba tensión y presión principalmente en la estructura de la vasija durante el período húmedo. En contraste con los períodos secos donde ocurría el fenómeno de contracción. Ambos fenómenos alternantes propiciaron una inestabilidad de la estructura de la vasija así como también grietas y fisuras.

f) Adiciones externas: Están constituidas por aportes eólicos e hídricos de materiales ajenos al sistema del suelo. La mayoría de los aportes que estuvieron interactuando con la vasija fueron de origen volcánico. El vidrio volcánico, dadas las condiciones adafoclimáticas, se alteró y se incorporó a todo el suelo a través de los procesos antes mencionadas.

Por otro lado, el ácido silícico ($HAlSi_3O_7$) que se forma durante los procesos anteriores tiene una vida muy breve. En realidad el silicio y el aluminio reorganizan el oxígeno y el hidroxilo para formar amorfos de tipo halofánico; compuestos que muestran propiedades fisicoquímicas particulares; son muy móviles y tienden a acumularse y a rellenar poros y espacios vacíos en la cerámica (Gama, 1996).

Los procesos de alteración causaron transformaciones en la materia del bien cultural a través de reacciones de hidratación, expansión contracción, tensión por humedecimiento y desecación, pérdida de geles amorfos, así como destrucción de las estructuras minerales arcillosos, provocando como efectos: el microfisuramiento, el aumento en la porosidad, la disminución en la densidad aparente y la pérdida de la estabilidad estructural.

En la búsqueda de equilibrio, la vasija cerámica en su contexto de enterramiento provocó que geles amorfos pertenecientes al suelo, geles de sílice y hierro en forma de alofán ($Al_2Si_2O_3(OH)_4$) y ferrihidrita (Fe_2O_3), se depositaron en poros, vacuolas espacios vacíos confiriéndoles mayor resistencia a la vasija cerámica por medio de un proceso de consolidación natural (Gamma, 1996).

MATERIALES CONSTITUTIVOS Y TÉCNICA DE MANUFACTURA

Por Medio de los análisis de Difracción de Rayos X realizados tanto en la vasija cerámica como en el suelo contenido, se comprendió que estos materiales presentan características muy similares de acuerdo a su composición mineralógica. Sin embargo, estas presentan características muy similares de acuerdo a su composición mineralógica. Sin embargo, éstas presentan ciertas diferencias ocasionadas por los procesos de alteración que sufrieron a través del tiempo.

Para obtener los valores de la composición mineralógica de la vasija cerámica, fueron analizadas las tres capas que la constituyen, advirtiéndose que no existe gran diferencia en las porciones de los minerales de cada una de ellas. El orden de abundancia fue el siguiente: cuarzo, feldspatos (plagioclasas y felespatos alcalinos), mica (illita) y minerales de hierro y hamatita.

Los análisis de Difracción de Rayos X reportan semicuantitativamente la existencia de arcillas cristalinas en un porcentaje de tan sólo 8%, lo que corrobora que gran parte de las micas integradas a las illitas fueron alteradas en su estructura cristalina, resultando ésta amorfa a los rayos X. Teóricamente el porcentaje mínimo de arcillas que debe estar contenido en el material para poderse moldear es de un 30%, si hubiera tenido de origen sólo el 8%, sería imposible dar forma a un objeto.

La calidad del material constitutivo desde su origen influyó en la transformación del material cerámico promoviendo la acción de un segundo factor de alteración: el proceso de manufactura. Este provocó a su vez, mayores transformaciones y alteraciones del material.

El proceso de acabado superficial ordenó las partículas de sílice y hierro más finas depositándolas en la superficie, formando una capa susceptible de alteración. En el enterramiento, esto no sucedió de manera homogénea debido principalmente a las características del suelo.

El principal proceso de alteración durante la manufactura de la vasija cerámica fue la cocción. En ella se vieron afectados en gran medida los materiales que la constituían. El vidrio volcánico al ser sometido a la temperatura perdió gran cantidad de agua, haciendo rígida su estructura y creando espacios, lo que se hizo evidente al observarlo en microscopio petrográfico. También debido a este factor, las arcillas protoiliticas sufrieron un colapso en su estructura por pérdida de grupos hidroxilos existentes en ellas. Manifestándose estos efectos como un patrón de microfisuras en el interior del material cerámico.

CONCLUSIONES

A través del estudio de las alteraciones y transformaciones y el deterioro, por medio de tres técnicas selectas de análisis, se demuestra que los compuestos amorfos de sílice y hierro actuaron como consolidantes naturales, efectivos, para la conservación de la vasija cerámica. Esto permitió además, que la información contenida en este bien cultural permaneciera inalterada. Por este comportamiento han sido seleccionados como materiales posibles de utilizarse como consolidantes para material cerámico con características similares a las del estudiado en este trabajo.

Gracias al estudio realizado en la vasija cerámica de San Lorenzo Tenochtitlán se pudo comprender a profundidad, como se dieron las transformaciones de los bienes culturales cerámicos, que presentan el mismo estado de conservación. Con lo que se concluye que es necesario realizar investigaciones específicas sobre los bienes culturales, que permitan establecer una base de datos comparativa en un futuro con materiales de la misma naturaleza.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de esta investigación al Dr. Jorge Gama Castro del Instituto de Geología, del Departamento de Edafología, así como a la M. en C. Margarita Reyes del Laboratorio del MEB y el M. en C. del Laboratorio de Radiolarios, UNAM. A la Dra. Ann Cyphers Guillén, Directora del Proyecto de San Lorenzo Tenochtitlán del Instituto de Investigaciones Antropológicas UNAM. A la M. en C. Patricia Altúzar del Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM. Por último a la Lic. Adriana Cruz-Lara Silva de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía.

BIBLIOGRAFÍA

- CYPHERS, ANN. Descifrando los misterios de la cultura olmeca.1994, 31 p. Proyecto arqueológico San Lorenzo TenochtitlanUNAM . México.
- GAMA, JORGE Los suelos tropicales: Génesis Dinámica y Degradación.1996, 350 p. Tesis Doctoral, UNAM, México,
- GUEVARA, MA. EUGENIA; LOPEZ, MARGARITA. La restauración y su investigación: el caso de una vasija cerámica de San Lorenzo Tenochti-tlan, Veracruz. 1996, Tesis, ENCRM. México.
- RICE, PRUDENCE. Pottery Analysis: a source book. 1987, 559 p. The University of Chicago Press.USA.
- PRICE, STANLEY La conservación en arqueológicas, con particular referencia al área del Mediterráneo.1990, 162 p. Ministerio de Cultura de Madrid, España.