

*Óscar H. Jiménez Salas, Ricardo Sánchez-Hernández
y Jasinto Robles Carnacho**

El tecali, un tipo de travertino: petrografía y uso arqueológico

El tecali, un tipo de travertino erróneamente llamado alabastro, es una roca carbonatada que ha sido utilizada desde tiempos prehispánicos para la elaboración de diversos objetos especiales. Antes de la Conquista, fue utilizado para la fabricación de objetos rituales, tales como vasijas, máscaras y esculturas zoomorfas y antropomorfas, entre otros, los cuales han sido encontrados en diferentes sitios arqueológicos mesoamericanos.

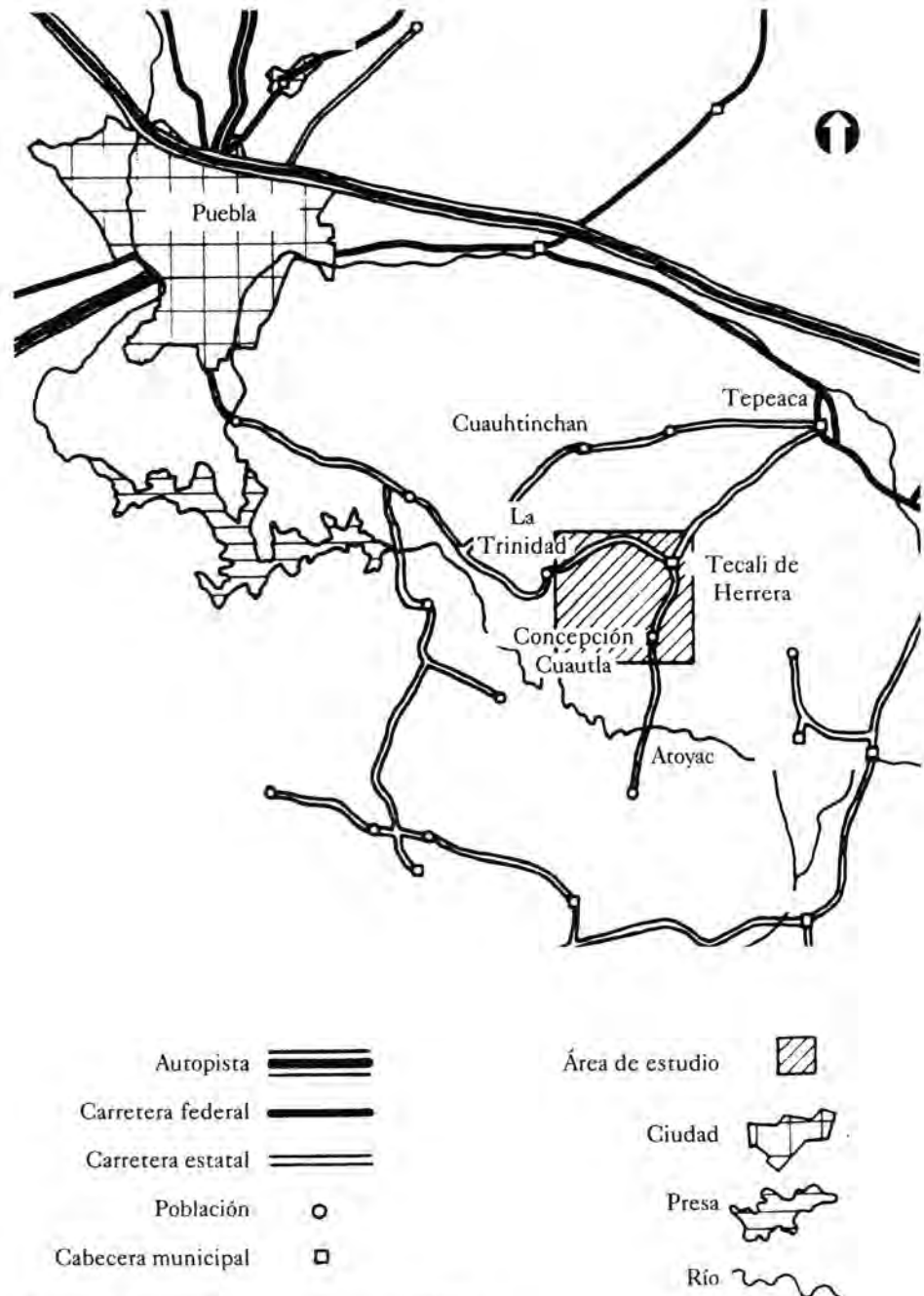
En la época colonial, el tecali se utilizó principalmente en las iglesias para la construcción de escaleras, claraboyas, marcos de ventanas, imágenes y esculturas religiosas, pilas bautismales, retablos, púlpitos y losas funerarias. En la actualidad, el tecali se aprovecha sobre todo para la fabricación de artesanías tales como: ceniceros, vasos, lámparas, esculturas, y gran variedad de objetos decorativos y utilitarios.

La importancia del estudio del tecali radica en cuatro aspectos fundamentales: 1) existe un número importante de piezas arqueológicas de diferentes épocas y regiones culturales que han sido fabricadas con ese tipo de material, del cual se desconoce o no se tiene certeza de su procedencia; 2) la confusión terminológica debida a los diversos nombres utilizados para designar a este tipo de travertino; 3) la inexistencia hasta el momento de estudios geológicos de su forma de ocurrencia y tipo de yacimiento; y 4) las implicaciones que tiene la localización y distribución de los yacimientos tipo tecali, como fuentes de materia prima en la inferencia de rutas de intercambio cultural en el pasado.

Los resultados que se presentan forman parte de un estudio en proceso acerca de los travertinos de Tecali, Puebla. A su vez, este estudio es parte de un proyecto general de investigación titulado “Estudio de yacimientos geológicos como posibles fuentes de materia prima de piezas arqueológicas”.

El objetivo de este trabajo es aclarar la confusión terminológica entre travertino y alabastro, así como dar a conocer las características mineralógicas, qui-

*Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, INAH.



● Fig 1 Plano de localización del área de estudio.

micas, petrográficas y formas de ocurrencia de los yacimientos de travertino que se encuentran en las cercanías de la población de Tecali, Puebla, y presentar algunos ejemplos de piezas arqueológicas de travertino estudiadas.

Se pretende establecer las fuentes de abastecimiento de este tipo de travertino en el pasado, tomando como referencia inicial de estudio los yacimientos de Tecali, Puebla, todo lo cual servirá como referencia en la interpretación de

posibles rutas de intercambio socio-cultural en tiempos prehispánicos.

La investigación en proceso del travertino se ha dividido en varias etapas. La primera consistió en el estudio de fotointerpretación, reconocimiento geológico y geomorfológico, y ubicación de sus yacimientos en la región. Otra etapa ha comprendido el muestreo detallado del travertino de algunos yacimientos en el estado de Puebla, como base para la determinación de las características de su forma de ocurrencia, y la elaboración de un modelo acerca de su génesis.

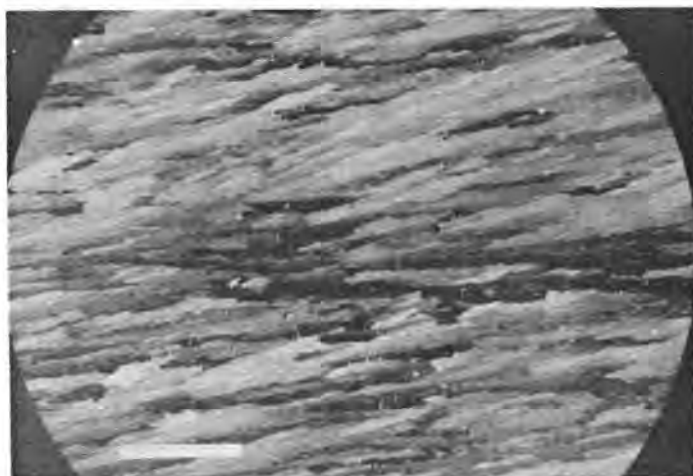
Por otra parte, se han realizado estudios mineralógicos, petrográficos y algunos análisis químicos, tanto de travertinos de yacimientos geológicos como de muestras de piezas arqueológicas, con el fin de determinar y comparar las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de ambos materiales. Por último, en una etapa más se ha realizado una investigación histórica de la explotación y utilización del travertino en el pasado y el origen de su errónea denominación.

Travertino (tecali) versus Alabastro

Es un hecho común en el ambiente arqueológico y en el de los historiadores de arte, utilizar el término alabastro para referirse a la materia prima de piezas elaboradas con un tipo de travertino conocido también como tecali.

Este hecho sería intrascendente si sólo se tratara del uso de nombres diferentes para designar a un tipo específico de material, sobre todo si el término utilizado no tiene implicaciones geológicas, como es el caso de la palabra tecali.

Sin embargo, el término alabastro sí tiene un significado geológico preciso, ya que se refiere a un material rocoso de origen y formas de depósito particulares, con una composición minera-



a



b

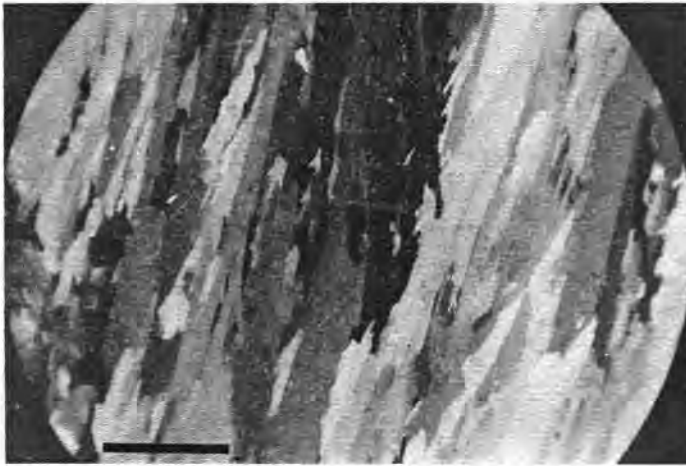
● Fig. 2 Texturas microscópicas del travertino de Tecali. Arreglos subparalelos (a) y paralelos (b) de cristales de carbonato de calcio. Barra = 0.5 mm.

lógica y química determinadas, y con yacimientos de ubicación y distribución específica, por lo cual resulta obvio que si nos interesa determinar la fuente de la materia prima de piezas arqueológicas de travertino, tendremos que buscar yacimientos de travertino, y no de alabastro.

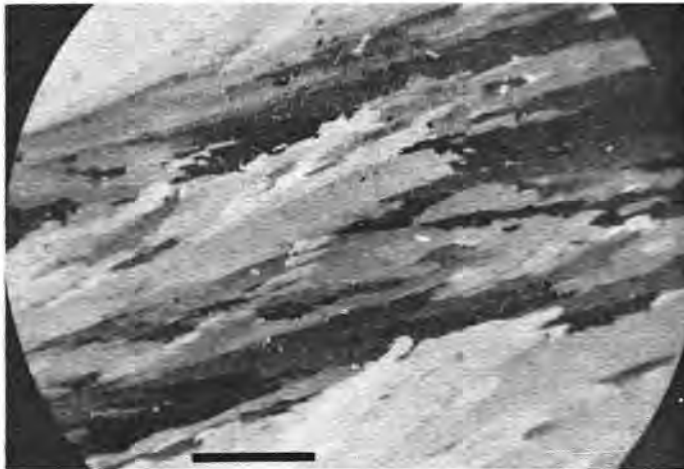
Terminología

El término alabastro proviene del griego *alabastros*, y se refiere a una población en Egipto (Deer *et al.*, 1962).

El término travertino viene del vocablo italiano *tivertino*, que es el antiguo nombre romano



a



b

● Fig. 3 Texturas microscópicas del travertino de Tecali. Cristales tabulares de carbonato de calcio en arreglos paralelos y subparalelos (a) y (b). Barra = 0.5 mm

de Tivoli, una ciudad cercana a Roma, donde el travertino forma un depósito extenso (Bates y Jackson, 1980).

El término tecali proviene de la palabra en lengua náhuatl *tecalli* o *tecalco* cuyo significado es *tetl* + *calli* + *co* = piedra + casa + locativo = lugar donde la casa es de piedra (Siméon, 1986; Galarza y Yoneda, 1982; Yoneda, 1996).

Antecedentes históricos

Después de la Conquista española, varios cronistas se encargaron de recopilar información

del entorno natural del México antiguo, para lo cual recurrieron a algunos indígenas quienes les proporcionaron información en lengua náhuatl que luego fue traducida al español. Sin embargo, algunos de los nombres traducidos y asignados a ciertos materiales geológicos no corresponden a su verdadera naturaleza. Esto se debió probablemente a que los cronistas carecían del conocimiento suficiente de los temas que trataron en esos momentos, por lo cual recurrieron al uso de nombres de materiales semejantes, ya conocidos en Europa, como son los casos de los términos alabastro y esmeralda, entre otros.

Con estos antecedentes, se consultaron algunas fuentes históricas con la intención de conocer el origen del uso de los términos alabastro y tecali utilizados para designar a un tipo característico de travertino.

En el siglo XVI, fray Bernardino de Sahagún, al hacer la relación de las piedras preciosas que eran utilizadas en el México antiguo, dice:

hay también piedras jaspes de muchas maneras y de muchos colores; una de ellas es muy blanca, como cáscara de huevo, es el alabastro[...] y de estas piedras de jaspes, muy preciosas, hay gran cantidad en los términos del pueblo que se llama Santiago de Tecalco. De ellas hacen aras, y otras piedras muy preciosas (Sahagún, 1999:693-694).

Es probable que Sahagún haya sido el primer cronista español que utilizó el término alabastro para referirse al travertino y quien primero mencionó el sitio de donde se extraía desde tiempos prehispánicos. Además, consideró al alabastro como un tipo de jaspe, siendo que en la actualidad un jaspe es un material con características físicas, mineralógicas y composición química diferentes a las del alabastro y el travertino, lo cual da una idea del conocimiento

general que se tenía de algunos materiales geológicos en ese tiempo.

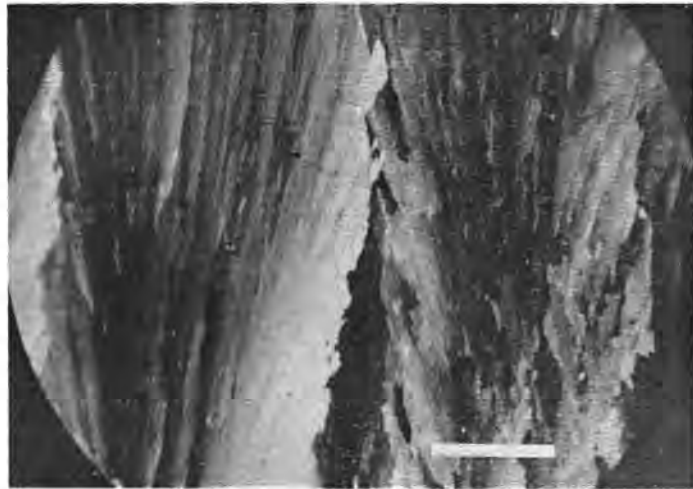
En el códice del siglo XVI conocido como *Mapa de Cuauhtinchan núm. 3* (Galarza y Yoneda, 1976), en el que están representados diferentes aspectos de la región circundante a tierras de Tepeaca, Amozoc y Tentzo, aparece el glifo toponímico de Tecalco (Tecali), que consta de tres elementos: una construcción, un personaje y piedras.

Este último glifo posiblemente haga alusión al sitio de donde se obtenía ese material. Sin embargo, se desconoce si se trata de una referencia directa al tecali como *material* que se utilizaba para la fabricación de objetos especiales, o si se trataba de un *lugar* de significado especial de dónde se obtenía dicho material. El hecho es que en la actualidad la palabra tecali sirve para designar tanto a la población, Tecali de Herrera, como al material rocoso característico de ese lugar.

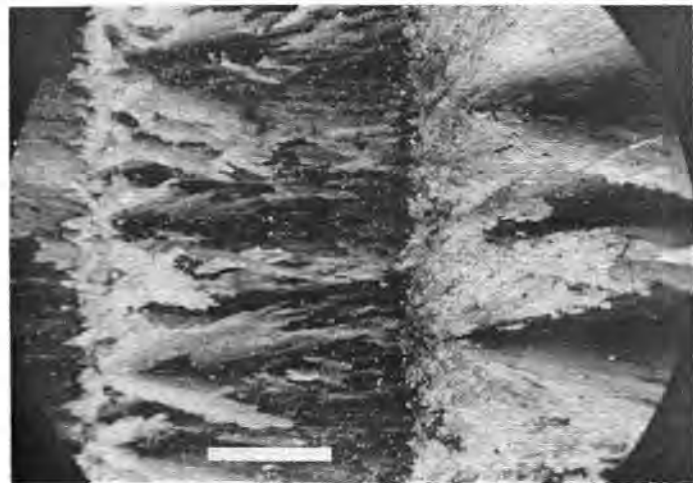
En el siglo XVIII, cuando el padre Francisco Javier Clavijero hace referencia a la arquitectura doméstica de los antiguos mexicanos, hace varias menciones del alabastro y de su lugar de extracción:

Labraban, además de la piedra común de sus edificios, el mármol, el jaspe, el alabastro, el itztli y otras especies de piedras estimables[...] La piedra de las columnas era de cantería; pero en los palacios reales eran muchas de mármol, y algunas también, a lo que parece, de alabastro oriental, que los historiadores tuvieron por jaspe[...] Hay canteras de alabastro en Tecalco (hoy Tecale) en la provincia de Tepeyacac (Clavijero, 1982:10-258).

De lo anterior se puede destacar que, aunque en tiempos de Clavijero al travertino se le seguía llamando alabastro, ya se hacía una distinción entre éste y el jaspe, y que a la población



a



b

● Fig. 4 Texturas microscópicas del travertino de Tecali. Cristales fibrosos de carbonato de calcio en arreglos radiales (a) y (b). Barra = 0.5 mm.

de Tecalco se le llamaba Tecale, un nombre más parecido al actual Tecali.

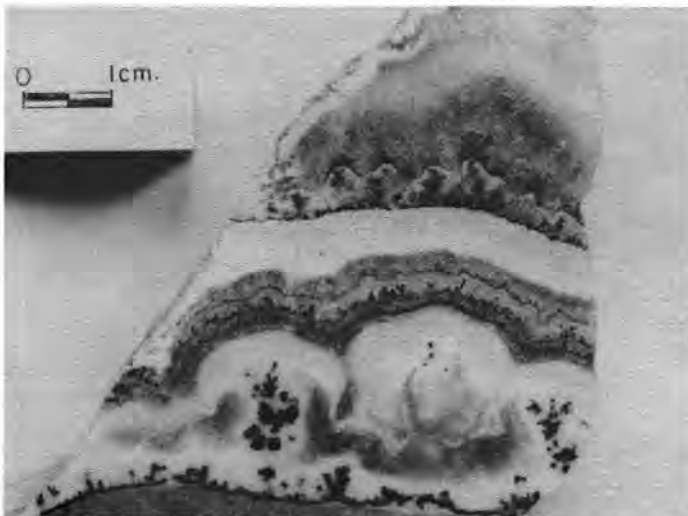
En el siglo XIX, el barón Alexander von Humboldt al hablar de la “Intendencia de La Puebla”, escribió:

El hermoso mármol, conocido como mármol de La Puebla[...] se saca de las canteras de Teotihuacan y de Tecali, a dos y siete leguas de la capital de la intendencia. El carbonato de cal de Tecali es transparente como el alabastro yesoso de Volterra y el *phengite* de los antiguos (Humboldt, 1973:160).



● Fig. 5a Formas de ocurrencia del travertino de Tecali: manto.

Se puede decir que en esta referencia hay un error en el nombre de la localidad de una de las canteras, ya que de acuerdo con la información que se da (a dos leguas de Puebla) debe referirse a la localidad de Totimehuacan y no a Teotihuacan ya que, como se sabe, en este úl-



● Fig. 5b Formas de ocurrencia del travertino de Tecali: globular.

timo sitio no hay canteras de mármol; también hay que decir que muy probablemente Humboldt, quien tenía amplios conocimientos de mineralogía y minería, haya sido el primero en determinar que el material que se explotaba en Tecali era un carbonato y no un sulfato.

En un trabajo más reciente acerca de la utilización del travertino durante la Colonia en México, Francisco de la Maza trata aspectos terminológicos de lo que llama “el alabastro poblano, llamado vulgarmente tecali” y deja ver que tenía conocimiento de que ese material es un carbonato (travertino), ya que al referirse al tecali expresa: “Nosotros le llamaremos siempre *alabastro*[...] Los reparos geológicos acarbonatados no interesan para el uso estético de esa ‘piedra preciosa’ que es el alabastro” (De la Maza, 1966:10).

De la Maza, a pesar de saber que lo que llamaba alabastro era un carbonato (no un sulfato), hizo una apología del uso del término, aduciendo que al tratar el aspecto estético de un objeto no importa la composición del material del que está hecho, posición esta última bastante discutible.

Evidentemente, para los fines de la investigación arqueológica, la identificación adecuada de los materiales y la ubicación precisa de sus yacimientos son aspectos importantes por las implicaciones que tienen en cuanto al movimiento a distancia de materia prima o de objetos elaborados, que sirven para la determinación de las relaciones de comercio, intercambio y tributo que existieron entre las diferentes culturas mesoamericanas en tiempos prehispánicos.

Mineralogía

Travertino

El travertino es una roca carbonatada, compacta, finamente cristalina, masiva o concrecionaria, de color blan-

co, marrón, o crema. Con frecuencia presenta estructura fibrosa o concéntrica y fractura astillada, y se forma por precipitación química rápida de carbonato de calcio (CaCO_3), disuelto en aguas subterráneas o superficiales, particularmente alrededor o en conductos de manantiales de aguas termales o en cavernas calcáreas formando estalactitas, estalagmitas y otros depósitos, y también como relleno de cavidades a lo largo de fallas. Una variedad esponjosa y menos compacta de travertino es llamada tufa (Bates y Jackson, 1980).

Alabastro

El alabastro es una variedad de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; sulfato de calcio hidratado), que se caracteriza por ser masivo o compacto, de grano muy fino; por lo general es translúcido y de color blanco, pero puede tener ligeros tonos de amarillo, café, rojo, naranja y gris (Bates y Jackson, 1980). Se forma por evaporación de cuerpos de agua salina en los que al haber una concentración de sales solubles se produce una sobresaturación y precipitación; por lo regular se presenta en forma de capas o lentes, asociado o interestratificado con calizas y lutitas (Batesman, 1974).

De lo anterior, queda claro que el travertino (tecali) y el alabastro son materiales diferentes por su origen y su composición mineralógica y química. Sin embargo, es un hecho que, a simple vista, y sin contar con un análisis químico o mineralógico que permita su identificación, ambos materiales pueden fácilmente llegar a confundirse, debido a que algunas de sus propiedades físicas, como consistencia, dureza y color, son parecidas.

En este sentido, y una vez planteada la diferencia entre alabastro y travertino (tecali), se propone abandonar el uso del término alabastro, al menos en el ámbito arqueológico, para referirse a las piezas de travertino.

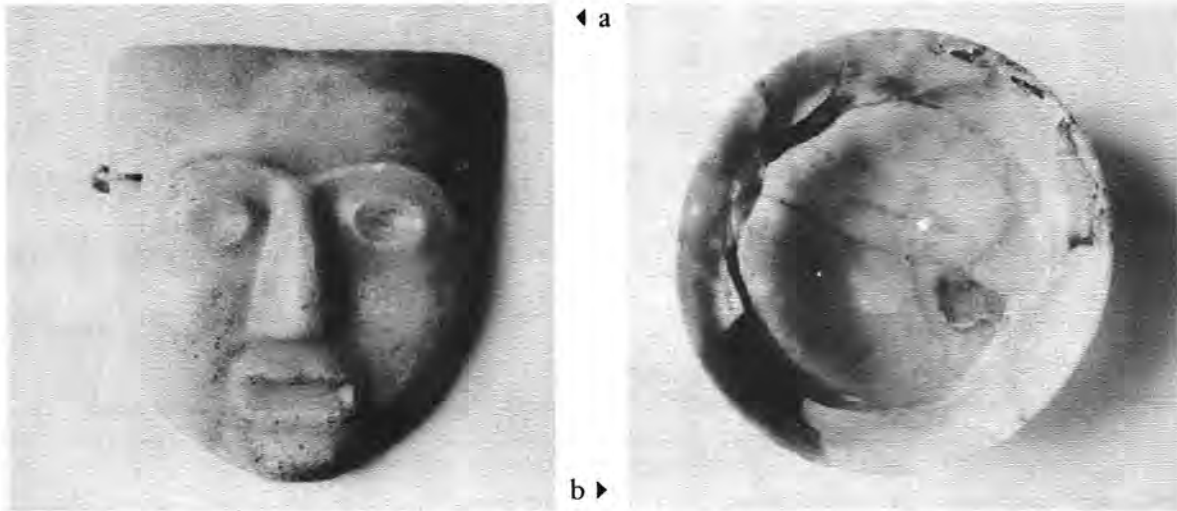


● Fig. 5c Formas de ocurrencia del travertino de Tecali: en vetas.

A partir de lo anterior y mediante el estudio geológico y mineralógico de los materiales explotados en la localidad de Tecali, estado de Puebla, se estableció que se trata de depósitos de travertino cuya forma de ocurrencia es característica y los hace distintos a los travertinos ya conocidos.



● Fig. 5d Formas de ocurrencia del travertino de Tecali: en vetas.



● Fig. 6. Piezas arqueológicas de Teotihuacan elaboradas en travertino: máscara y cajete decorado.

Características geológicas del travertino de Tecali

Localización de la zona de estudio

La localidad llamada Tecali de Herrera, o Tecali, está ubicada en la porción central del estado de Puebla, a unos 30 km al sureste de la ciudad de Puebla, y a 10 km al suroeste de la ciudad de Tepeaca. Las coordenadas geográficas del sitio Tecali son: 18°54' latitud norte y 97°58' longitud oeste (fig. 1).

Cabe mencionar que, debido a la existencia de varios sitios más con evidencias de explotación de travertino, que se encuentran dispersos entre las sierras de Tepeaca y de Tentzo, el estudio geológico realizado se amplió hasta la zona donde se ubican esos yacimientos, e inclusive a otros estados de la República donde se tiene noticia de la existencia de yacimientos. Sin embargo, en esta ocasión sólo se hace referencia a la región circundante de la localidad de Tecali de Herrera.

Marco geológico

Desde el punto de vista litológico, en la región de estudio el travertino tipo tecali se encuentra asociado principalmente con afloramientos de rocas sedimentarias y volcánicas que con-

forman varias secuencias estratigráficas, las cuales se ubican desde el Mesozoico hasta el Cuaternario.

La primera es una secuencia carbonatada del Cretácico inferior, constituida de calizas acumuladas tanto en cuenca oceánica como en plataforma y arrecifes marinos. Una segunda secuencia corresponde con una serie marina clástica carbonatada constituida por areniscas y lutitas, conformando una secuencia de tipo "flysch" del Cretácico superior. La tercera secuencia clástica continental del Terciario inferior está compuesta por conglomerados con clastos de calizas y de rocas ígneas extrusivas. Las tres secuencias tienen una distribución regional muy amplia y forman el basamento o núcleo rocoso de la región.

Las anteriores secuencias sedimentarias fueron cubiertas, durante el Terciario superior y el Cuaternario, por tres secuencias continentales no menos importantes: una volcánica, una lacustre y una fluvio-aluvial, que representan la actividad volcánica, hidrotermal y erosiva a que ha estado sujeta la región de estudio a partir del Neógeno.

La secuencia volcánica es asignada al Terciario superior y al Cuaternario, y está formada ante todo de rocas ígneas extrusivas que forman apa-

ratos volcánicos, mesetas de lava, depósitos piroclásticos y algunos cuerpos intrusivos. Dentro de los depósitos piroclásticos se encuentran horizontes de material híbrido, que indican la participación de procesos fluviales en el modelado de la región.

La secuencia lacustre, ubicada en el Plio-Cuaternario, está representada por material predominantemente de tamaño fino, el cual se acumuló en las depresiones que constituían amplios lagos en la región.

La secuencia fluvio-aluvial es asignada al Cuaternario, y consiste en material areno-conglomerático intercalado con flujos piroclásticos retrabajados, además de depósitos de travertinos, tufas y costras calcáreas. Estas últimas, llamadas caliches, presentan un amplio desarrollo superficial, con frecuencia cubren a todas las secuencias antes descritas.

Durante los últimos milenios, debido a los procesos neotectónicos y climáticos, se ha intensificado el patrón de fracturamiento, la porosidad y la permeabilidad de las secuencias litológicas mencionadas. Asimismo, las actividades magmática y volcánica han propiciado condiciones de tipo hidrotermal, circulación de fluidos mineralizantes, y un aporte abundante de material volcánico.

El proceso geomorfológico ha generado erosión, modelado kárstico y circulación de aguas meteóricas y subterráneas, lo cual ha proporcionado una fuente constante de carbonato de calcio. En este contexto, los yacimientos de travertino de la localidad de Tecali están asociados tanto a rocas sedimentarias (calizas y areniscas calcáreas), como a rocas volcánicas (rocas piroclásticas).

Características megascópicas y microscópicas

El material llamado tecali es una roca carbonatada de origen continental, constituida por car-

bonato de calcio (calcita o aragonita); es compacta, y puede ser translúcida, semitranslúcida u opaca, bandeada o masiva, con textura de grano fino a grueso; presenta estructuras drusiformes y botrioidales; por lo general es de color blanco, aunque también presenta tintes amarillentos, cafés, rojizos, verdosos, azules o grises.

El tecali está constituido por cristales fibrosos o tabulares de calcita (o aragonita), los cuales por lo regular presentan arreglos paralelos y subparalelos (figs. 2 y 3) y radiales (fig. 4), y sus ejes más largos están dispuestos perpendicularmente a los límites de las bandas y a la pared de la roca encajonante. Estos tipos de texturas son característicos de los procesos de relleno de cavidades en los yacimientos hidrotermales.

Formas de ocurrencia

En los afloramientos estudiados se observó que las formas generales de ocurrencia del tecali son tres:

- 1) *Mantos*. Consisten en bandas o estratos con espesores que varían de milímetros (láminas) hasta decenas de centímetros (bancos). Sus límites superior, inferior y laterales con la roca encajonante pueden ser graduales o abruptos. La pseudoestratificación producida por la cristalización del carbonato de calcio y sus impurezas puede ser paralela, ondulante, continua o discontinua y formar lentes o formas irregulares (fig. 5a). El hábito de la cristalización es en bandas fibrosas, paralelas, prismáticas o masivas, y su distribución espacial puede llegar a ser de varios metros.
- 2) *Vetas*. Se presenta en forma de vetillas o venas con espesores variables del orden de milímetros a centímetros, y con una distribución espacial restringida. Comúnmente, la disposición de las vetas es oblicua con respecto a la estratificación y siguen las fisuras de la roca encajonante (fig. 5c y 5d).



a



b

● Fig. 7 Piezas arqueológicas del Templo Mayor elaboradas en travertino: cetro zoomorfo y escultura antropomorfa.

3) *Globular*. Consiste en masas botrioidales que muestran un depósito rítmico tanto de relleno de cavidades como cristalización irregular pero paralela y/o concéntrica desde los bordes de la roca encajonante y siguiendo la forma de las cavidades, e inclusive los planos de estratificación. Por lo general, el material que las compone es opaco y de color blanco, aunque en algunas partes es de color crema o rosado. Su hábito puede ser fibroso, radial, orbicular, o como encostrados de forma botrioidal. Con frecuencia presenta líneas y formas arborescentes de color café oscuro, debidas a la presencia de óxidos de manganeso (fig. 5b).

Factores determinantes del depósito

A partir de los tres casos generales de ocurrencia del tecali descritos, en el que la apariencia

física que los distingue es en razón de su espesor, color y lugar de acumulación, es evidente que los factores que intervienen en su acumulación o depósito son: la composición litológica, las variaciones mineralógicas, el fracturamiento y la porosidad de la roca portadora, además de la composición química de los fluidos mineralizantes.

La permeabilidad de la roca es muy importante, pues es la que ha permitido la circulación de fluidos de carácter mixto constituidos por agua del medio ambiente superficial y agua hidrotermal del medio ambiente de profundidad somera.

Todos estos factores implican un modelo de génesis complejo, hasta el momento poco estudiado. Sin embargo, al simplificar el modelo, se tiene que aspectos como la permeabilidad y

los procesos físico-químicos, que se realizan entre los fluidos mineralizantes y la roca por donde circulan, son los de mayor importancia para la ocurrencia del travertino (tecali).

En el caso del tecali en mantos, su depósito se realiza principalmente entre los planos de estratificación o en los horizontes discontinuos de mayor porosidad primaria de las rocas receptoras.

Para el tecali en vetas, la cristalización o el relleno de cavidades se da por el paso de los fluidos mineralizantes a través de fracturas y fallas, las cuales conforman la porosidad secundaria de la roca encajonante.

En el caso del tecali globular, el proceso más importante parece ser el relleno de cavidades, pues se tienen masas rocosas que presentan discontinuidades y estructuras de hundimiento producidas por el fenómeno de lixiviación característico de los sistemas kársticos. Por esto, son de particular interés las brechas tectónicas, brechas de colapso, aberturas de disolución y cavernas menores, debido a que es a través de dichas aberturas y desprendimientos de roca que se realiza la circulación de fluidos, y la cristalización (depositación) del carbonato de calcio.

Dentro de este contexto geológico, los yacimientos de tecali están asociados directamente a la estructura geológica, a la composición litológica, a la composición de los fluidos mineralizantes, y a los procesos de disociación, disolución y recristalización por efecto de aguas subterráneas y superficiales.

Contexto físico y químico en la génesis del tecali

En el proceso de formación del tecali se combinan principalmente factores físicos y químicos.

Dentro de los factores físicos están la frecuencia y tipo de fracturas, los planos de estratificación, la porosidad y la permeabilidad. Estos

factores representan los conductos, o debilidades de la roca, que incrementan la superficie de contacto a lo largo de la cual se realiza la circulación de fluidos mineralizantes. A nivel microscópico, son importantes el tamaño de grano, su composición, su grado de entrelazamiento y su cementación, lo que influye en la capacidad para erosionar e intemperizar la masa rocosa.

Durante la circulación de los fluidos mineralizantes se realizan fenómenos químicos simultáneos de disolución, alteración, hidratación, cementación, e inclusive cristalización del carbonato de calcio en la roca encajonante.

Los factores arriba citados, aunque no han sido suficientemente investigados, dan lugar a un complicado fenómeno termodinámico multivariable que afecta el estado original de la masa rocosa.

En resumen, el proceso de formación del tecali es un sistema multivariable hasta el momento, aunque no bien entendido en detalle. Sin embargo, simplificando el fenómeno, podemos decir que el tecali es el resultado de la precipitación físico-química del carbonato de calcio disuelto en los fluidos mineralizantes que se han constituido por mezcla de aguas hidrotermales y meteóricas.

Los fluidos mineralizantes, al circular a través de calizas (aunque también en areniscas y lutitas calcáreas e inclusive en arenas volcánicas), son generalmente enriquecidos en su contenido iónico, y al llegar al punto de saturación propician la cristalización del carbonato de calcio.

Tipo de yacimiento

Desde el punto de vista de la clasificación de los yacimientos minerales, se puede considerar que los yacimientos de travertino de tecali son de tipo "teletermal". Los depósitos teletermales se definen como aquellos generados en ambientes de profundidad somera, en con-

diciones de temperatura y presión bajas, y a partir de agua meteórica que desciende y se combina con fluidos hidrotermales ascendentes, los que a su vez se mezclan con aguas subterráneas más frías (Park y MacDiarmid, 1975).

Las características de los yacimientos teletermales que concuerdan con las de los depósitos de tecali son las siguientes:

1. Se forman bajo la influencia indirecta de fluidos hidrotermales que han migrado lejos de su fuente principal, lo cual implica una disminución drástica de temperatura y, como consecuencia, una pérdida en el poder de reacción físico-química sobre las rocas encajonantes. En la región de estudio la actividad hidrotermal está difundida desde el Terciario superior.
2. Presentan una mineralogía simple. En el caso del tecali, se trata de una roca monomineral compuesta por calcita (o aragonita).
3. Se depositan por remplazamiento y/o relleno de cavidades, produciendo texturas que varían de afáníticas a granulares gruesas.
4. Su formación no produce o produce escasa alteración en la roca encajonante. En el caso del tecali, llega a existir argilitización de los materiales cercanos a la zona de acumulación, particularmente alrededor de las rocas encajonantes de tipo detrítico.
5. Producen estructuras lineares, de cresta, bandeadas rítmicamente, y de poco espesor, característico en zonas de brechamiento y fracturas donde se produjo relleno de cavidades.
6. Presentan formas estratificadas, bandeadas o simplemente masivas. Con respecto al tecali, cuando la cristalización se realiza en calizas, la acumulación es a través de los planos de estratificación o de las zonas de mayor porosidad original de la roca.

También se produce de manera masiva en los

planos de fracturamiento preexistente o en cavidades de colapso de diferente tamaño, por ejemplo en dolinas. De esta manera, la roca encajonante sirve de fuente y a la vez de barrera ante la circulación de fluidos.

El travertino de piezas arqueológicas (casos estudiados)

En el Laboratorio de Geología en diferentes ocasiones se han analizado piezas, supuestamente de alabastro, procedentes de diferentes sitios arqueológicos. Los principales casos son los siguientes:

- 1) Del proyecto las piezas de alabastro de Teotihuacan, de la Subdirección de Arqueología del Museo Nacional de Antropología, se analizaron 64 piezas de diferente tipo y tamaño, entre las cuales se incluían piezas completas como: máscaras (fig. 6a), esculturas zoomorfas, plumadas, cajetes (fig. 6b), vasos y plaquitas, así como fragmentos de piezas tales como: bloques, almenas, cajetes, vasos, esculturas y lajas. De las 64 piezas analizadas, 54 resultaron ser de travertino y las diez restantes de otros materiales (rocas sedimentarias, metamórficas y concha), pero ninguna es alabastro (Sánchez, 1985).
- 2) Del sitio arqueológico Tlalcozotitlán, también llamado Teopantecuanitlán, localizado en el estado de Guerrero, se analizaron cinco fragmentos de orejeras: todos resultaron ser de travertino (Sánchez, 1994).
- 3) De la colección de artefactos de "piedra blanca" de la sala tres del Museo del Templo Mayor, se analizaron doce piezas de diferente tipo, entre las cuales se tienen: cetros (fig. 7a), máscaras y esculturas antropomorfas (fig. 7b), lápidas, pulidores, losas y fragmentos de alabastro no trabajados. De las doce piezas analizadas, diez son de travertino (Sánchez, 1999).
- 4) También se han analizado fragmentos de piezas de alabastro de los sitios arqueológi-

cos Ranas en el estado de Querétaro y Huichapan en el estado de Hidalgo, los cuales también resultaron ser de travertino.

Asimismo, entre las piezas exhibidas en varios museos arqueológicos, algunas presentadas en exposiciones temporales, y otras incluidas en catálogos y publicaciones (Woodbury, 1967: 169; Carrasco, 1998:50-51), es frecuente ver piezas clasificadas como de alabastro, las cuales por sus características físicas más bien parecen ser de travertino y cuya clasificación petrográfica debería ser objeto de una revisión.

Si bien para los casos de los análisis mencionados todas las piezas que habían sido clasificadas o consideradas como de alabastro resultaron ser de travertino, no se puede afirmar que todo lo que ha sido considerado como alabastro sea travertino, ya que hay otros materiales con características físicas semejantes a las del travertino, como son algunos tipos de caliza o mármol e inclusive ciertos materiales silíceos, como es el caso de un pulidor de calcedonia de la sala tres del Museo del Templo Mayor, que se encontraba expuesto junto con las piezas de travertino debido a la gran semejanza que presenta con este material a simple vista.

Por otra parte, es conveniente aclarar que de los casos de estudio indicados, hasta el momento lo único que se puede decir es que son de travertino, pero no se puede asegurar que provengan de los yacimientos de Tecali, Puebla, ya que, como se mencionó, hay otros yacimientos en esa misma y en otras entidades estatales que deben ser investigados. Al respecto, podemos informar que se están realizando estudios geoquímicos, tanto de materiales arqueológicos como geológicos, con la finalidad de determinar con certeza el lugar de procedencia de la materia prima de las piezas arqueológicas de travertino.

Insistimos en la necesidad de que las piezas arqueológicas elaboradas con materiales cuya naturaleza mineralógica o petrográfica no pue-

da ser establecida por el arqueólogo que las estudia, se haga analizar por especialistas para que su designación sea adecuada, ya que, como puede verse en el caso del travertino, una clasificación errónea repercutirá en los resultados de las interpretaciones arqueológicas que de ello se deriven, especialmente cuando se trata de determinar fuentes de procedencia de la materia prima.

Conclusiones

Se propone abandonar el uso del término alabastro para referirse al material conocido como tecali, el cual en términos geológicos es un travertino.

El tecali es un material compuesto por carbonato de calcio (calcita o aragonita) y presenta tres formas de ocurrencia: en mantos, en veras y globular.

El tecali no está asociado directamente a manantiales termales o a cuevas de karstificación, sino que se trata de un material que se ha depositado, a partir de una mezcla de fluidos mineralizantes, en las zonas de porosidad, permeabilidad y fracturamiento de rocas preexistentes.

El tecali es un tipo particular de travertino originado bajo un contexto geoquímico particular, por lo que se propone que todo tipo de travertino generado en ese mismo contexto geoquímico sea llamado travertino tipo tecali. Es decir, que el término tecali sirva como nombre genérico para los travertinos cuya génesis sea igual a la de la localidad tipo en Tecali, Puebla.

La formación del tecali está controlada por factores tales como: *a)* el aporte, la composición química, y la mezcla de fluidos mineralizantes, y *b)* el tipo de porosidad, permeabilidad y litología de la roca encajonante.

Hasta donde se ha avanzado en este estudio del travertino, no es posible definir con exac-

titud cuál o cuales de las variables implicadas son las de mayor importancia en la génesis del tecali. Por el momento, se considera que se trata de un fenómeno híbrido o mixto.

El tecali presenta texturas y estructuras botrioidales, en bandas alternadas claras y de otros colores, tanto en los depósitos estratiformes como en las vetas, lo cual es resultado de la combinación de los procesos hidrotermal y meteórico.

Con base en su forma de yacimiento, se puede decir que el tecali se deposita cerca de la superficie en condiciones de temperaturas y presiones bajas, donde se combinan los procesos hidrotermales y de circulación de aguas superficiales y subterráneas.

Por las características físicas del travertino de la localidad de Tecali y el de las piezas arqueológicas estudiadas, particularmente por su color y dimensiones, se considera que el travertino utilizado fue seleccionado de depósitos de tipo manto y veta.

En cuanto a las fuentes de procedencia de la materia prima de las piezas arqueológicas estudiadas, por el momento no se puede asegurar que sean sólo de la localidad de Tecali, pues en otras localidades en los estados de Puebla y Oaxaca se han encontrado yacimientos de travertino semejante al de Tecali.

bibliografía

- Bateman, Alan M.
1974. *Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico*, Barcelona, Ediciones Omega.
- Bates, Robert L. y Julia A. Jackson
1980. *Glossary of Geology*, Falls Church, Virginia, American Geological Institute.
- Carrasco, David
1998. "Centro y periferia en el Templo Mayor", en *Arqueología Mexicana*, 6 (31), México, pp. 42-51.
- Clavijero, Francisco Javier
1982. *Historia Antigua de México*, México, Porrúa, S. A.
- De la Maza, Francisco
1966. *El Alabastro en el Arte Colonial de México*, México, Departamento de Monumentos Coloniales, INAH.
- Deer, W. A., R. A. Howie y J. Zussman
1962. *Rock Forming Minerals*, vol. 5, Nueva York, Ed. Longmans.
- Galarza, Joaquín y KeikoYoneda
1979. *Mapa de Cuauhtinchan no. 3*, México, Archivo General de la Nación (Manuscritos Indígenas Tradicionales 3).
- Humboldt, Alexander von
1973. *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España*, México, Porrúa, S. A.
- Park, Charles F. y Roy A. MacDiarmid
1975. *Ore Deposits*, San Francisco, W. H. Freeman and Company.
- Sahagún, Bernardino
1985. *Historia General de las Cosas de Nueva España*, México, Porrúa, S. A.
- Sánchez Hernández, Ricardo
1985. *Informe del Análisis Petrográfico-mineralógico de 64 piezas del Proyecto sobre las Piezas de Alabastro de Teotihuacán*, México, INAH(mecanoescrito).
- 1994. *Informe de la Identificación de 10 Artefactos Líticos Arqueológicos, procedentes de*

Tlalcozotitlán, Guerrero, México, INAH
(mecanoescrito).

1999. *Informe de la Identificación Petrográfica Megascópica de Doce Artefactos Arqueológicos de Piedra Blanca del Museo del Templo Mayor*, Informe Técnico de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, México, INAH (mecanoescrito).

• Siméon, Remi

1986. *Diccionario de la Lengua Náhuatl o Mexicana*, México, Siglo XXI.

• Woodbury, Richard B.

1967. "Artifacts of the Guatemalan Highlands", en G. R. Willey (ed.), *Archaeology of Southern Mesoamerica. Handbook of Middle American Indians*, Austin, University of Texas Press, pp. 163-179.

• Yoneda, Keiko

1996. *Migraciones y Conquistas: Descifre Global del Mapa de Cuauhtinchan Núm. 3*, México, INAH (Científica 289).

