

Pablo Torres Soria

---

## La goma de nopal: una aportación a la conservación del adobe

Los adobes de origen prehispánico, colonial y contemporáneo pueden ser idénticos en cuanto a su composición, puesto que todos están hechos principalmente de arcilla, sedimento, arena y agregados orgánicos variables según la región y la época.

Dichos adobes merecen ser tratados para su conservación, debido a que al estar expuestos a la intemperie constantemente son amenazados de destrucción por la acción del intemperismo evidenciado por un desgaste superficial constante en forma de rompimiento y disgregación de sus componentes; ambos tipos de deterioro están asociados con factores físico-químicos, entre los que destacan por su importancia, la lluvia, el granizo, el viento, las heladas y las constantes migraciones de salitre causadas por la capilaridad del agua.

En algunos casos el deterioro del adobe es muy avanzado y sólo se le puede aplicar una medida preventiva de conservación; en otros casos se utilizan consolidantes químicos de naturaleza plástica, pero con resultados poco satisfactorios hasta el momento. Y en unos pocos casos se han utilizado en la consolidación del adobe sustancias orgánicas de origen vegetal como el mucílago del nopal (Hoyle, 1990).

Las cactáceas, por su alto contenido de mucílago, desde la época prehispánica se han utilizado para la preparación de pegamentos y adhesivos. En el área de Tehuacán, Puebla, se obtenían grandes cantidades de mucílago del "baboso" (*Pachycereus bollianus*) para ser utilizado en la preparación de gomas adhesivas. Los indígenas de Baja California conseguían un magnífico pega-

mento hirviendo jugo extraído de *Stenocereus thurberi*. Los grupos étnicos del altiplano utilizaban un pegamento que hacían con las gomas extraídas de ciertos nopales, a veces mezcladas con otras gomas vegetales como la de una orquídea del género *Oncidium*, o con ciertos insectos como el axín (Bravo y Sánchez, 1991).

Para aumentar el poder adhesivo de las argamasas usadas en las construcciones de tierra, las tribus indígenas solían agregar el jugo extraído de ciertas cactáceas, o bien el agua donde se habían dejado macerar éstas. Esta práctica aún es de uso frecuente en nuestro medio rural, en donde a menudo se emplea el jugo extraído de ciertos nopales comúnmente llamado "baba de nopal". Con fines similares también se suele utilizar la machacada del nopal agregada al barro y a la paja en la fabricación de adobe.

Las gomas exudadas en las cicatrices de los túneles excavados por insectos en los tallos y en las hojas de algunos nopales se utilizan en la preparación de adhesivos, pero además tienen usos alimenticios y medicinales: ayudan a fortalecer los huesos rotos impregnando con ellas lienzos a manera de vendas (Bravo y Sánchez, 1991).

Las gomas son sustancias análogas a los mucílagos debido a que ambas están contenidas dentro de las grandes células de los parénquimas de las hojas y tallos de los nopales. La diferencia entre la goma y el mucílago es que la primera se obtiene del nopal como consecuencia del desarrollo del insecto denominado picudo barrenador del nopal, es una sustancia sólida, soluble

ESC. NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HIS.

BIBLIOTECA

PUBLICACIONES PERIODICAS

en agua caliente, que posee propiedades adherentes, y es insoluble en alcohol y éter; y la segunda (baba de nopal), es el producto del machacado de las pencas y tallos jóvenes de los nopales, soluble en agua, pero sin propiedades adherentes.

En la zona arqueológica de Teotihuacan partimos de la necesidad de encontrar una sustancia de origen vegetal con características de consolidante para conservar los adobes de uno de los muros superpuestos de La Ventilla. Para esto se planteó efectuar pruebas experimentales con la goma de nopal existente en la zona.

Los nopales productores de tunas y de verduras han tenido desde la época prehispánica una relación estrecha con el hombre en lo social, lo alimenticio y lo económico. Esto se plasma en la iconografía indígena: piezas de cerámica, pintura mural y obras escritas a raíz de la Conquista, como los códices *Mendocino* (1549), *Cruz Badiano* o *Barbetino* (1552), *Florentino* (1575) y en la obra de Hernández (1649) (Bravo, 1978).

Los nopales son plantas fanerógamas, angiospermas, dicotiledóneas y perennes que morfológicamente poseen una estructura compuesta de raíz, tallo, hojas, flores y frutos. Son originarias del continente americano (Rzedowski, 1964; Borrego, 1986). Se reproducen de dos formas: una vegetativa por cladidos o pencas y la otra por semillas.

La distribución de las diferentes especies de nopales silvestres, productores de tunas, verduras, goma y mucílago, es muy amplia y abundante en los estados de Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas (Bravo, 1978) y en el valle de México (Rzedowski, 1985).

En las áreas no restauradas de los monumentos y llanos de la zona arqueológica de Teotihuacan, Estado de México, encontramos una gran variedad de especies de nopales, por ejemplo: *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia robusta*, *Opuntia heliobravoana*, *Opuntia matudae*, *Opuntia rzedowskii*, *Opuntia amyclaea*, *Opuntia streptacantha* y *Opuntia hyptiacantha*. Las tres últimas son las más frecuentes en la zona; son plantas arbóreas monumentales con muchos años de vida, generalmente llegan a medir de 4 a 5 m de altura, con un tallo principal de hasta 2.40 m de grosor a una altura de 50 cm del suelo, muy ramificado en la primer especie y en la segunda ramificado dicotómicamente.

La goma de nopal es conocida químicamente con los nombres de polisacáridos, carbohidratos, glúcidos, hidratos de carbono y sacáridos que por hidrólisis ori-

ginan los monosacáridos de D-galactosa, L-arabinosa, L-ramnosa y D-xilosa (Magaloni, 1990). Es soluble en agua, dando soluciones coloidales de gran viscosidad incristalizable que pueden servir para adherir o pegar los materiales disgregables que componen el adobe.

La goma presenta físicamente dos estados: uno en forma de gel viscoso y pegajoso de color crema adquirido durante el flujo, o sea cuando sale del interior de los tallos o pencas; y el otro sólido, en forma de grumos gomosos de color amarillo pálido ligeramente ámbar.

### *Obtención de la goma de nopal en el valle de Teotihuacan*

El polisacárido se obtiene principalmente de los tallos y pencas de los nopales silvestres y cultivados de dos formas: manual y natural. En el primer caso se utilizan herramientas punzantes para producir heridas superficiales en los troncos; de manera instantánea fluyen cantidades muy pequeñas de goma en forma de gel que al contacto con el medio externo se solidifica; la herida cicatriza rápidamente y se suspende el flujo de la goma, la cual es muy quebradiza.

Las especies principales para la producción de goma son las siguientes: *Opuntia streptacantha*, *Opuntia hyptiacantha*, plantas silvestres de la zona y *Opuntia amyclaea*, que abunda en el valle y de la que se obtiene la tuna blanca. Estas especies producen superficialmente en los tallos y pencas grumos gomosos de tonalidades blanquecinas o de color ámbar, tienen una apariencia al principio semisólida y con el contacto del aire adquieren un estado sólido cuyo origen está asociado con la infestación de la planta causada por el coleóptero conocido comúnmente con el nombre de picudo barrenador de los tallos del nopal (*Cactophagus spinole* Gyll). Este insecto presenta un ciclo biológico anual con metamorfosis completa, o sea cuatro etapas de desarrollo: huevecillos, larva, pupa y adulto.

Los insectos adultos emergen de los tallos y pencas de los nopales durante los meses de mayo a septiembre; suelen alimentarse de los bordes de las hojas tiernas de los nopales; son de color negro con dos manchas rojas en la parte anterior del protórax y tienen dos bandas anaranjadas sobre los élitros, o sea un par de alas frontales (engrosadas parecen cuero duro y rasposo) que cubre en forma de estuche al otro par de

## RESTAURACIÓN

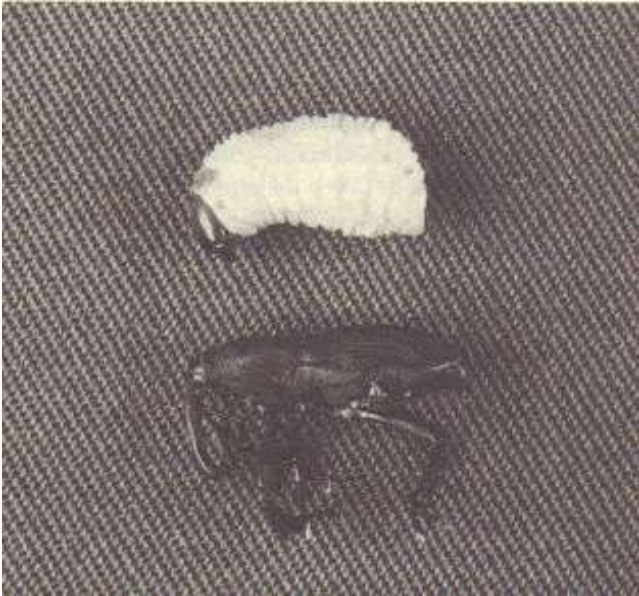


Foto 1. Larva y adulto del picudo barrenador de los nopales. (Foto de José Luis Morales.)

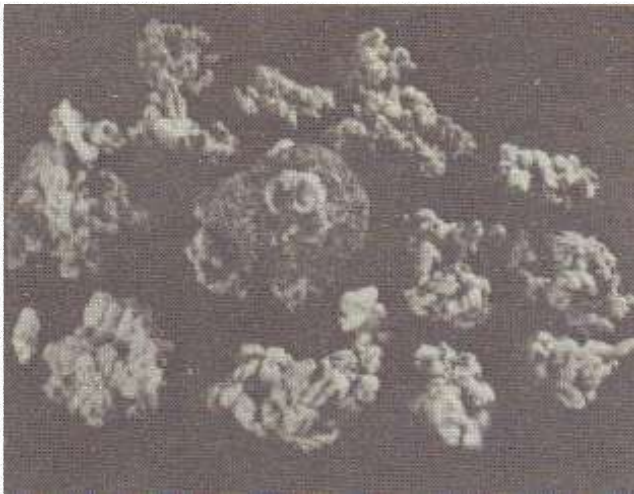


Foto 2. Diversas formas y tamaños de los grumos gomosos. (Foto de José Luis Morales.)

alas delgadas membranosas adaptadas para el vuelo (foto 1). Las hembras ponen sus huevecillos sobre la superficie de los troncos protegidos por las pencas, de los que eclosionan larvas blancas algo curvadas sin patas, que llegan a medir de 25 a 31 mm de largo, de cabeza color café (Escalante y Vázquez, en Borrego, 1986). Los gusanos tienen grandes mandíbulas que les permiten perforar, cortar y barrenar los tallos para alimentarse internamente del tejido parenquimatoso du-



Foto 3. Nopal de tuna cayahual con grumos gomosos localizados en el tallo. (Foto de Pablo Torres Soria.)

rante la mayor parte del año; sobre la superficie de los tallos dejan acumulaciones gomosas sólidas en forma de grumos fijos que cubren y ocultan los orificios de entrada a los túneles, localizados específicamente en las uniones de las pencas y en el tallo (foto 3). Se pueden encontrar de 1 a 5 grumos gomosos por planta, de tamaño y forma variable, llegando a pesar de 0.5 a 65 g (foto 2).

### *Resultados de las pruebas experimentales*

El estudio se realizó en dos etapas: campo y laboratorio. En el primer caso se efectuó un recorrido en las áreas verdes, por cierto deforestadas de árboles pirules y de nopales de tamaño monumental, los primeros naturalizados en México y los segundos nativos del país, pobladas sobre todo por nopales de tuna cayahual y

## RESTAURACIÓN

tuna moradilla. De marzo a abril de 1996 se recolectaron aproximadamente 2.0 kg de grumos gomosos de 25 nopales de las especies de *Opuntia streptacantha*, *Opuntia hyptiacantha* y *Opuntia amyclaea*.

Durante el mismo periodo, en el área de La Ventilla de la zona arqueológica, fueron recolectadas muestras de arcilla de los escombros procedentes de las recientes excavaciones arqueológicas; al ser analizadas presentaron un ph entre 7.0 a 8.0 (básico). En este mismo sitio se localizó en una de sus construcciones con pinturas murales protegidas con techumbres un muro superpuesto, formado por tres hiladas de adobes sobre un piso estucado. A estos adobes se les puso superficialmente por aspersión una solución acuosa de goma de nopal al 5 por ciento, aplicando en total un litro con tres aspersiones en intervalos de 15 minutos (foto 4). (La apariencia húmeda de los adobes se debe a la aplicación de la goma de nopal al 5 por ciento, que tarda en secar siete días, adquiriendo luego los adobes su aspecto original, sin que se detecten evidencias de la solución gomosa.)

### *Disolución de la goma de nopal*

En la segunda etapa experimental en el laboratorio se procedió de la siguiente manera: recolectamos goma de los nopales de la zona arqueológica de Teotihuacan, ésta fue fragmentada en pequeños pedazos para preparar cuatro concentraciones: 1, 3, 5 y 10 por ciento en agua. Se puso a hervir el agua y se agregó gradualmente la goma, revolviendo constantemente la mezcla para evitar que se precipitara o pudiera quemarse, ya que la goma se disuelve lentamente en el agua caliente; una vez ablandada se licuó (también puede molerse por medios manuales para hacer más rápida su disolución). Después, la solución se filtró para eliminar los residuos sólidos e impurezas de la goma, utilizando una tela sintética (Monil 30 T) porque el papel filtro, empleado normalmente en el laboratorio no permite fluir el líquido por la cantidad de impurezas.

De cada una de las soluciones gomosas preparadas mediante las mediciones de peso y volumen, se obtuvieron los siguientes resultados:

- De la disolución de 10 g de goma en 1 000 ml de agua destilada se obtuvieron 330 ml de un líquido

ligeramente viscoso y pegajoso, más 5 g de impurezas (tejido parenquimatoso y leñoso); el resto, es decir 665 ml de agua, se evaporó durante el proceso. Luego se agregó agua tibia hasta completar nuevamente un litro de solución gomosa.

- De la disolución de 30 g de goma en 1 000 ml de agua destilada se obtuvo 340 ml de un líquido poco viscoso y pegajoso, más 14 g de impurezas (tejido parenquimatoso y leñoso); el resto, es decir 646 ml de agua, se evaporó durante el proceso. Posteriormente se agregó agua tibia hasta completar nuevamente un litro de solución gomosa.
- De la disolución de 50 g de goma en 1 000 ml de agua destilada se obtuvieron 413 ml de un líquido viscoso y pegajoso, más 36.6 g de impurezas (tejido parenquimatoso y leñoso); el resto, es decir 250.4 ml de agua, se evaporó durante el proceso. Después se agregó agua tibia hasta completar nuevamente un litro de solución gomosa.

En concentraciones del 10 por ciento en adelante (100 g de goma en 1000 ml de agua destilada) no es posible disolver la goma debido a que la solución se satura.

Una vez disuelta la goma en sus tres concentraciones (1, 3 y 5 por ciento), se realizaron pruebas de consolidación con arcillas de distinta granulometría (0.625, 1.0, 2.38 y mayor de 4.0 mm y una mezcla de los cuatro calibres) aplicadas con los métodos de aspersión y goteo para observar la capacidad de absorción, penetración, difusión y adherencia de los componentes del adobe con la goma.

Por otro lado, a las muestras de adobe antiguo se les aplicaron tres manos de goma de nopal a las mismas concentraciones de 1, 3, 5 por ciento con los métodos de brocha, aspersión e inmersión con intervalos entre cada una de las capas de tres días para lograr una mejor penetración de la goma.

Las muestras sometidas a inmersión permanecieron de una a tres horas en el líquido, retirándose del baño en el momento en que dejaron de salir burbujas de aire de la superficie del agua contenida en el recipiente. Estas muestras de adobe se secaron en aproximadamente siete días, observándose la superficie de las mismas firmemente compactada. Para verificar si los adobes tratados continuaban siendo permeables al agua fueron puestos en una charola para observar su capacidad de absorción por capilaridad; las muestras trata-

## RESTAURACIÓN

das y la testigo fueron humectadas por completo, observándose que en la muestra testigo hubo un ligero desprendimiento de la arcilla al contacto, a diferencia de los adobes experimentales, los cuales tampoco presentaron migraciones de salitre, ni arrastre de la goma; también constatamos la ausencia de una película blanquecina sobre la superficie del adobe al secarse y la nula adherencia del agua contenida en el recipiente.

Las muestras de adobe consolidadas por inmersión después de su secado no fueron sometidas al proceso de capilaridad, sino que fueron cortadas por la mitad con una sierra; apreciamos mayor resistencia al corte en las muestras consolidadas que en la testigo. Durante el corte se observó que los adobes consolidados, producto de la fricción al corte, no tuvieron desmoronamiento de las paredes y la arcilla desprendida tenía la apariencia de un polvo fino con granulometría de 0.625 mm. En cambio, en la muestra testigo existió desmoronamiento de las paredes y desprendimiento de arcilla con granulometría de 1.0 a 4 mm.

Durante el corte de los adobes se pudo detectar la penetración de la goma de nopal en función de la compac-

tación de la arcilla y de la resistencia que oponía ésta al corte. Los adobes tratados por brocha o por aspersión registraron una penetración del consolidante de 3 a 5 cm y casi completa en los consolidados por inmersión.

Pequeñas muestras de adobes consolidadas por inmersión con goma de nopal al 5 por ciento secas, fueron puestas en agua por tres horas y luego al congelador durante siete días; lo único que se observó fue la escarcha de nieve sobre la superficie de los adobes, sin que éstos presentaran expansiones y contracciones volumétricas aparentes. Se dejaron secar a la intemperie sin detectarse daños aparentes.

Para observar la presencia de oxidaciones de la goma de nopal al 5 por ciento, se seleccionó el papel water colour de 200 g/cm cúbico, 18 x 24 cm libre de ácido; se impregnaron quince hojas por inmersión y ya secas, se expusieron cinco hojas a la oscuridad, cinco a la acción de la luz solar y las cinco restantes a la acción de la luz artificial. Este mismo procedimiento se repitió para 45 muestras de papel tratadas por brocha aplicando a 15 una mano, a otras 15 dos manos y a las 15 restantes tres manos. Este experimento permaneció en

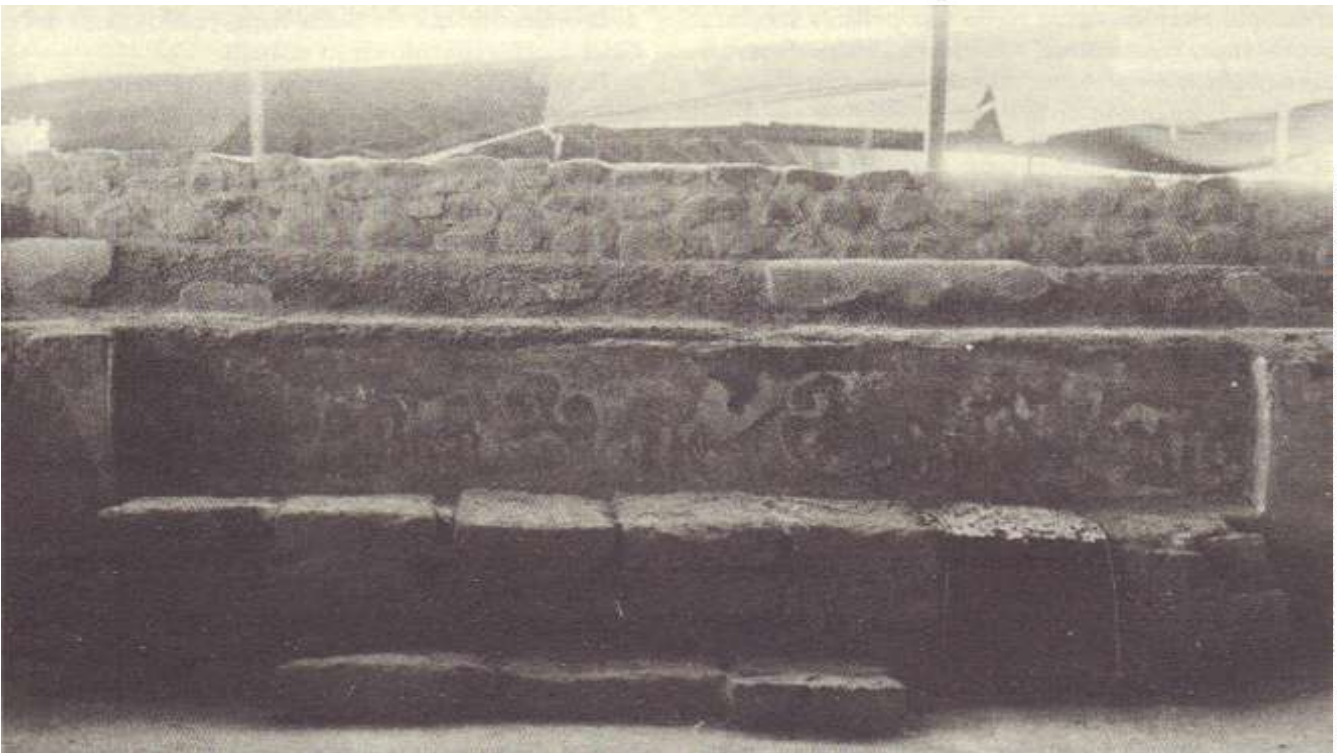


Foto 4. La Ventilla. Muro superpuesto de adobes con un área delimitada y consolidada con goma de nopal. (Foto de Pablo Torres Soria.)

## RESTAURACIÓN

observación cinco meses sin que se presentaran cambios físicos aparentes en el papel.

También se realizaron pruebas de expansión y contracción de la goma con las concentraciones de 3 y 5 por ciento por medio del método de extensión o frotis de la siguiente manera:

- a) se toma un portaobjetos limpio y seco;
- b) se coloca a 1 cm de sus extremos una gota de goma de 1 ml;
- c) en otro portaobjetos limpio como el anterior, se acerca el borde de uno de sus extremos hasta que toque la goma;
- d) este portaobjetos se inclina hasta que forme un ángulo agudo dejando que la goma se extienda por capilaridad en el borde que toca la gota de la goma;
- e) se desliza, con un solo impulso, el portaobjetos inclinado dirigiéndolo del extremo donde se colocó la gota hacia el extremo contrario, procurando que este deslizamiento sea suave, y
- f) el frotis del coloide se deja secar durante cinco días.

El frotis de la goma, ya seco, se observa en el microscopio estereoscópico como una película incolora homogénea, fuertemente adherida a la superficie del portaobjetos; no presenta cristales y no existe la contracción y expansión de la goma.

### *Discusión de los resultados*

La decisión de utilizar grumos gomosos se debe a la cantidad representativa encontrada en los nopales, a diferencia de la obtenida físicamente por incisiones en el tallo, la cual es muy poca debido a que el flujo de mucílago cicatriza la herida impidiendo la acumulación de goma sobre la superficie.

Los grumos gomosos son más abundantes en las especies de nopales silvestres y en las cultivadas sin mantenimiento, y son poco abundantes en las nopaleras que producen tuna; esto se debe a que los campesinos aplican insecticidas por medio de aspersión para controlar a los insectos adultos responsables de la producción de grumos.

En los adobes secos tratados con goma de nopal al 5 por ciento, en cualquiera de los métodos de brocha y aspersión, quedaron muy bien compactados sus componentes que antes se disgregaban al contacto, o sea

consolidados, adquiriendo nuevamente los adobes cierta firmeza que habían perdido. La goma, independientemente del tiempo en que persista en los adobes, cumple la función de consolidarlos y de conservarlos.

### *Conclusión*

La goma utilizada en las pruebas experimentales es producto del desarrollo del insecto barrenador en los tallos y pencas de los nopales: tuna cayahual, tuna moradilla y tuna blanca, existentes en la zona arqueológica de Teotihuacan.

De las cuatro concentraciones de goma de nopal experimentadas (1, 3, 5 y 10 por ciento) por los métodos de aspersión, brocha e inmersión, solamente las de 3 y 5 por ciento presentaron buenos resultados en la consolidación de los adobes secos, ya que la de 1 por ciento es poco pegajosa y no fija ni consolida los materiales y la de 10 por ciento, desde su preparación no funcionó debido a la sobresaturación.

El funcionamiento de la goma de nopal está directamente relacionado con la forma de su preparación y de la aplicación que de ella se haga, por lo que se debe tener mucho cuidado en su manejo.

La goma de nopal en el campo de la conservación del patrimonio cultural presenta una nueva alternativa en la consolidación del adobe seco. El presente estudio confirma que se trata de una sustancia vegetal reversible que no altera la apariencia en los adobes, no deja película plástica sobre la superficie, consolida los materiales con problemas de rompimiento y disgregación, y proporciona resistencia. Los adobes continúan siendo permeables al agua, sin que presenten expansiones y contracciones volumétricas aparentes; además el consolidante no propicia el desarrollo de los hongos o mohos.

Recordemos que la goma de nopal es un sacárido natural que hasta la fecha no es aprovechado de manera amplia en México y tampoco se ha comercializado. Se lo encuentra abundantemente distribuido en las grandes nopaleras de casi todo el territorio mexicano, específicamente en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango. Los grumos gomosos pueden ser recolectados de marzo a mayo, sin que se altere el ciclo biológico del insecto involucrado en la producción de la goma.

En función de que el polisacárido reúne las características de un buen consolidante para arquitectura de tierra, se hicieron de manera paralela a este trabajo va-

rias pruebas experimentales con resultados parciales que ofrecen soluciones prometedoras para la conservación de los materiales arqueológicos de origen orgánico e inorgánico, por lo cual recomendamos al personal restaurador interesado en resolver parte de la problemática de consolidación de dichos materiales, efectúen pruebas con la goma de nopal de diferentes concentraciones, dependiendo del caso en particular que se trate.

### *Recomendaciones*

En primer lugar, los adobes a tratarse con la goma deben estar secos para que sus materiales constitutivos la absorban y los consolide, proceso que se presenta en el momento en que se secan los adobes ya tratados.

De preferencia la recolección de la goma debe efectuarse de marzo a mayo de cada año, teniendo cuidado de no destruir la cicatriz y la tapa del túnel construido por el insecto, a fin de no alterar su ciclo biológico.

El personal recolector de la goma debe protegerse con cascos, anteojos protectores, overol, guantes de carnaza y botas de hule; la recolección debe ser de preferencia por las mañanas o por las tardes cuando no existan vientos fuertes para evitar el contacto del cuerpo con los ahuates del nopal.

Los grumos de goma, para su disolución, pueden prepararse de dos maneras: uno es moliéndolos hasta obtener casi harina y utilizar 50 g por cada litro de agua, luego hervirla durante 15 o 20 minutos moviendo constantemente para evitar que se pegue a las paredes del recipiente y se queme y después retirar del fuego. La otra forma de prepararla es poner 50 g de grumos en agua hervida durante el mismo tiempo para su ablandamiento, y después licuar.

La goma disuelta en cualesquiera de las dos formas debe filtrarse en tela de manta, previamente lavada para la eliminación del apresto.

La aplicación de la goma de nopal al 5 por ciento en agua sobre la superficie seca de los adobes se puede efectuar por medio de una brocha o de una aspersora tipo mochila, aplicando de una a tres veces en intervalos de 15 minutos cada una, pero sin saturar la superficie.

La goma de nopal en la concentración del 5 por ciento resultó ser un excelente consolidante del adobe, por lo que no se le debe agregar ninguna otra sustancia. Para conseguir una buena penetración en los adobes debe ser aplicada a la temperatura ambiente. Se recomienda ser cuidadoso, tal como se describió en el procedimiento, ya que de lo contrario no se obtendrán los resultados esperados y su aplicación por el momento debe circunscribirse al adobe. Es importante que se continúen efectuando pruebas con la goma de nopal en materiales arqueológicos con problemas de ruptura y disgregación de sus componentes, tanto los protegidos por techumbres como los expuestos a la intemperie.

### *Bibliografía*

- Borrego Escalante, Fernando y Noé Burgos Vázquez, *El nopal*, Saltillo, Coahuila, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, 1986.
- Bravo-Hollis, Helia, *Las cactáceas de México*, México, UNAM, 1978.
- Bravo-Hollis, Helia y H. Sánchez Mejorada, *Las cactáceas de México*, vol. III, México, UNAM, 1991.
- Hoyle, Ana María, *Chan Chan: aportes para la conservación de la arquitectura de tierra, Adobe 90 Preprints*, Los Ángeles, The Getty Conservation Institute, 1990.
- Magaloni Kerpel, Diana Isabel, "Metología para el análisis de técnica pictórica mural prehispánica", tesis de licenciatura en restauración de bienes muebles, México, ENCRM-INAH, 1990.
- Rzedowski, J. y Graciela C. de Rzedowski, *Flora fanerogámica del valle de México*, vol. II, México, ENCB-IPN, 1985.