

## LA GOMA DE NOPAL: UNA APORTACION PARA LA CONSERVACION DE ARQUITECTURA DE TIERRA SECA PROTEGIDA POR LA TECHUMBRE

Pablo Torres Soria  
Luciano Cedillo Alvarez  
CNRPC – INAH



La consolidación del adobe, es un tema que actualmente merece una creciente atención, debido a que este material al estar expuesto a la intemperie, a pesar de estar protegido por techumbres, constantemente es amenazado de destrucción por la acción del intemperismo, lo que se evidencia por un desgaste superficial constante en forma de exfoliación o pulverulencia; ambos tipos de deterioro están asociados con los factores fisico-químicos entre los que destacan por su importancia: la lluvia, el granizo, el viento, las heladas y las constantes migraciones de salitre por el efecto de capilaridad del agua.

Sin embargo, en los monumentos con arquitectura de tierra protegidos con techumbres, de alguna manera se disminuye la acción de dichos factores sobre los materiales pero, dependiendo de su estado de conservación, en algunos casos muy críticos, debido a su complejidad, sólo se les aplica medidas preventivas de conservación, o se les aplica consolidantes químicos de naturaleza plástica. Todo ello con resultados poco satisfactorios para los restauradores profesionales mexicanos, y si bien en casos excepcionales se han utilizado sustancias orgánicas de origen vegetal, como es el caso del mucílago del nopal en la consolidación de adobe (Hoyle, 1990).

A partir de la necesidad de encontrar un consolidante vegetal en la zona arqueológica de Teotihuacán para consolidar los adobes de uno de los muros superpuestos de la Ventilla, se planteó efectuar pruebas experimentales con la goma de nopal producida por los nopales existentes en la zona.

Los nopales productores de tunas o nopalitos, desde la época prehispánica han tenido una relación muy estrecha con la vida del hombre: en lo social, alimenticio y económico. Esto se infiere de la iconografía indígena plasmada en piezas de cerámica, pintura mural y obras escritas a raíz de la conquista en los Códices Mendocino (1549), Cruz Badiano o Barbetino (1552), Florentino (1575) y en la obra de Hernández (1649) en Bravo, 1978.

Los nopales son plantas fanerógamas, angiospermas, dicotiledoneas, perennes y originarias del Continente Americano (Rzedowski, 1964, en Borrego, 1986). Se reproducen vegetativamente por cladidos o semillas; morfológicamente poseen una estructura compuesta de raíz, tallo, hojas (cladido o penca), flores y frutos (tunas).

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

Por ejemplo, en las áreas no restauradas de la zona arqueológica de Teotihuacán, Estado de México, las especies de *Opuntia streptacantha* y *Opuntia hytiacantha*, son plantas arbóreas muy abundantes que generalmente llegan a medir de 4 a 5 m. de altura, con un tallo principal hasta de 45 cm. de diámetro, muy ramificado en el primer caso (conocido en la región como "tuna cayajual") y en el segundo ramificado dicotómicamente ("tuna moradilla").

El mucílago del nopal, es un polisacárido compuesto por los monosacáridos de D-galactosa, L-arabinosa, L-ramnosa y D-xilosa (Magaloni, 1990).

## **OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO**

Para extraer el mucílago, se seleccionan las pencas de una edad aproximada de 0.6 a 3 años, cortándolas con un cuchillo bien afilado en el punto de unión entre ellas. Con la misma herramienta se elimina la epidermis con las espinas para obtener el parenquima (carnosidad de la penca) y los haces vasculares. Los cladidos, limpios se cortan en pedazos pequeños, sobre un tronco de madera y con el auxilio de un machete, para poner una cantidad determinada a macerar en agua en un recipiente por 24 hrs, con agitación y paleado manual constante con un palo de madera dura. En seguida, el macerado se filtra con una tela de manta para obtener el mucílago translucido libre de tejido parenquimatoso.

La goma de nopal químicamente es conocida con los nombres de polisacáridos, carbohidratos, glúcidos, hidratos de carbono y sacáridos que por hidrólisis origina los monosacáridos de D-galactosa, L-araginoso, L-ramnosa y D-xilosa. Son solubles en agua, dando soluciones coloidales de gran viscosidad, incristalizable, que entre otras aplicaciones sirve para adherir o pegar las arcillas deleznable de los adobes, pequeños terrones, fragmentos de cerámica, pigmentos de pintura mural, consolida estucos coloniales de cal y arena, pega fragmentos de concha, pergamino y papel.

## **OBTENCIÓN POR CORTE Y POR INSECTOS**

La goma, físicamente presenta dos estados: en forma de una gel viscosa, pegajosa y de un color crema adquirido durante el flujo, que al estar en contacto con el medio pasa al estado sólido en forma de grumos gomosos de tonalidad color amarillo pálido a ligeramente ámbar.

## **OBTENCIÓN DE LA GOMA**

El polisacárido se obtiene principalmente de los tallos, tanto de los nopales silvestres como de los cultivados, de forma manual y natural. En el primer caso se utilizan herramientas punzantes para producir heridas superficiales en los troncos de los que fluyen de manera instantánea cantidades muy pequeñas de goma en forma de gel que al contacto con el medio externo se solidifica y seca, cicatrizando rápidamente la herida y deteniendo el flujo de la goma.

La obtención natural de la goma está directamente relacionada por la infestación de la planta por el insecto coleóptero, conocido comúnmente con el nombre de picudo barrenador de los tallos del nopal (*Cactophagus spinole* Gy11).

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 durante los meses de mayo a septiembre, alimentándose de los bordes de las hojas tiernas de los nopales.

Son de color negro con dos manchas rojas en la parte anterior del protorax y dos bandas anaranjadas sobre los élitros, o sea el par de alas frontales (engrosadas, con apariencia de cuero duro y rasposo) que cubre en forma de estuche al otro par de alas delgadas membranosas adaptadas para el vuelo. Las hembras ponen sus huevecillos sobre la superficie de los troncos protegidos por las pencas, de los que eclosionan larvas blancas algo curvadas y sin patas; llegan a medir de 25 a 31 mm de largo, de cabeza color café (Escalante y Vázquez, en Borrego, 1986). Posee grandes mandíbulas masticadoras utilizadas para perforar, cortar y barrenar los tallos para alimentarse internamente del tejido parenquimatoso durante la mayor parte de la primavera, produciendo externamente sobre la superficie de los tallos 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 del tallo.

Se pueden encontrar generalmente de 1 a 5 grumos gomosos por planta, son de tamaño y forma variable, llegando a pesar desde 0.5 a 65 g. (Fig. 5).

## **RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES EFECTUADAS CON GOMA DE NOPAL EN ADOBE**

El estudio fue cubierto en dos etapas; campo y laboratorio. En el primer caso se efectuó un recorrido en las áreas no restauradas de la zona, actualmente muy deforestada de árboles de pirul y nopales. Los primeros naturalizados en México, y los segundos nativos del país representados por los nopales monumentales de tuna cayahual y tuna moradilla, existentes de manera importante en las cuatro áreas existentes entre los estacionamientos 1-2, 2-3, 3-4 y 4-5, de la zona arqueológica.

Durante los meses de marzo a abril del año de 1996, se recolectaron aproximadamente 2.0 kg de grumos gomosos con el auxilio de un cuchillo de campo. Se desprendieron los grumos de los tallos de un total de 25 de *Opuntia streptacantha* y *Opuntia hyptiacantha*, distribuidas en las cuatro áreas consideradas.

Durante el mismo período, en el área de la Ventilla de la zona arqueológica, fueron recolectadas muestras de arcilla de los escombros con un ph. de 7.0 a 8.0, procedentes de las recientes excavaciones. En este mismo sitio en una de sus construcciones con pinturas murales protegidas con techumbres, se localizó un muro superpuesto formado de tres hiladas de adobes que se localizaron sobre un piso estucado. A tres de los adobes se les aplicó superficialmente, por aspersion, la solución acuosa de goma de nopal a las concentraciones de 3.5 y 10%. Aplicando 1 litro de cada una en intervalos de tres días.

La apariencia húmeda de los adobes es causada por la aplicación de las soluciones acuosas de la goma de nopal, y que al secarse en cinco días recupera su apariencia original, sin que se detecten evidencias de la solución gomosa aplicada.

De la población de San Vicente Chicoloapan, distrito de Texcoco, Estado de México, se recolectaron 10 adobes con medidas aproximadas de 32 x 48 x 10 cm. con un ph de 8.0, procedentes de una casa antigua que se encontraba en la esquina que forman las calles de Hidalgo y Moctezuma.

## **DISOLUCIÓN DE LA GOMA DE NOPAL**

En la segunda etapa del desarrollo experimental, o sea, en el trabajo de laboratorio, se realizó ordenadamente el siguiente procedimiento.

La goma recolectada de los nopales de la zona arqueológica de Teotihuacán, fue fragmentada en pequeños pedazos para preparar cuatro concentraciones; 1, 3, 5 y 10 % en agua a ebullición con agitación constante debido a que la goma se disuelve muy lentamente en el agua caliente; entonces es necesario molerla con un mortero 2 o 3 veces hasta que la solución viraba de translúcida a un amarillo pálido o ámbar viscoso y pegajoso.

La disolución de la goma también puede ser efectuada en baño maría, repitiendo el mismo procedimiento hasta obtener el coloide pegajoso.

Las soluciones fueron filtrada con una tela sintética, debido a la ineficacia del papel filtro el liquido coloide viscoso compuesto de haces vasculares y del tejido parenquimatoso del nopal, posiblemente por la capacidad adherente del coloide.

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

De una solución gomosa al 1% en agua, o sea, 10 g de goma en 1000 ml de agua destilada a ebullición se obtuvo lo siguiente:

1. Coloide viscoso pegajoso	33%	330ml
2. Tejido parenquimatoso con haces vasculares	0.5%	5ml
3. Agua evaporada	66.5%	665ml
TOTAL	100%	1000ml

De una solución gomosa al 3% en agua, o sea, 30 g. de goma en 1000ml de agua destilada a ebullición se obtuvo lo siguiente:

1. Coloide viscoso pegajoso	34.0%	340ml
2. Tejido parenquimatoso con haces vasculares	1.4%	14ml
3. Agua evaporada	64.6%	646ml
TOTAL	100%	1000ml

De una solución gomosa al 5% en agua destilada o sea, 50g de goma en 1000ml de agua a ebullición, se obtuvo lo siguiente:

1. Coloide viscoso pegajoso	41.3%	413ml
2. Tejido parenquimatoso con haces vasculares	33.66%	336.6ml
3. Agua evaporada	25.04%	250.4ml
TOTAL	100%	1000ml

La solución gomosa al 10%, o sea, 100g de goma en 1000ml de agua destilada, forma una solución sobresaturada en la que no se obtiene el coloide y sí en cambio, se evapora el agua.

Las muestras de arcilla fueron tamizadas a granulometrías con diámetros de 0.625 mm, 1.0 mm, 2.38 mm, mayor de 4.0 mm y una mezcla de los cuatro tamaños. Cada una de estas separaciones fueron puestas en recipientes para aplicarlas por goteo mediante una pipeta, y por aspersion con un asperjador manual las tres concentraciones de coloide, aplicadas en el orden creciente y a intervalos de tres días cada una, logrando su consolidación.

De izquierda a derecha, se muestran las arcillas con granulometrías de 0.625 mm, 1.0 mm, 2.38 mm, mayor de 4.0 mm y la mezcla de los cuatro consolidados con la goma de nopal. Las muestras de adobe fueron tratadas con goma de nopal a las concentraciones de 3%, 5% y 10% por los métodos de brocha, aspersion e inmersión. Realizando tres aplicaciones en los casos de brocha y aspersion a intervalos de tres días cada una, y por inmersión las muestras permanecieron de 5 a 7 horas, retirándose del baño en el momento en que dejaron de formarse burbujas sobre la superficie del coloide acuoso viscoso, como resultado de la absorción del coloide y la expulsión del aire contenido en el adobe.

Las muestras tratadas por inmersión tuvieron un secado de aproximadamente 7 días, observándose las superficies firmemente compactas; para constatar si los adobes tratados continuaban siendo permeables al agua, fueron puestos a capilaridad en contacto superficial con el agua de la tarja, suministrando constantemente agua de la llave hasta que la muestra testigo fue humectada por completo, observándose un ligero desprendimiento de la arcilla al contacto con las yemas de los dedos. A diferencia de los adobes experimentales en los cuales tampoco se presentó lavado del coloide; hecho constatado con la nula adherencia del agua existente en la tarja; tampoco se registró la migración de salitre hacia la superficie del adobe

A cada una de las muestras de adobe consolidadas por los métodos de brocha, aspersion e inmersión, después de su secado y de que no fueron sometidas a capilaridad, fueron cortadas por la mitad con una sierra, percibiéndose una mayor resistencia al corte en las muestras consolidadas que en la testigo. Durante el corte se observó que, como producto de la fricción de la arcilla con la sierra, se desprendía un polvo con granulometría de 0.625 mm. En cambio, en la muestra testigo, se desprendieron arcillas con granulometría de 1.0 a más de 4mm

Durante el corte de los adobes se pudo detectar la penetración de la goma nopal, en función de la compactación de la arcilla y de la resistencia que oponía esta al corte. En los adobes tratados por brocha o por aspersion, se registró una penetración del consolidante de 3 a 5 cm, y casi completa en los consolidados por inmersión.

A pequeñas muestras de adobes consolidadas por inmersión con goma de nopal al 5%, ya secas fueron puestas en inmersión en agua por tres horas y posteriormente sometidas a congelación en un refrigerador doméstico durante 7 días, observándose únicamente la escarcha de la nieve sobre la superficie de los adobes, sin que estos presentaran expansiones y contracciones volumétricas aparentes. Se dejaron secar el mismo tiempo, sin detectar daños aparentes

Para detectar la presencia de oxidaciones de la goma de nopal al 5%, se seleccionó el papel (water colour de 200 g/cm cúbico, 18 x 24 cm libre de ácido); para impregnar 15 hojas por inmersión. Ya secas, 5 hojas se expusieron a la oscuridad, 5 hojas a la acción de la luz solar y las 5 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 15 dos manos y a otras 15 muestras tres manos. Este experimento permaneció en observación cinco meses sin que se presentaran cambios físicos en el papel.

Se realizaron pruebas de expansión y contracción del coloide con las concentraciones de 3%, 5% y 10% por el método de extensión o frotis de la siguiente manera:

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

El frotis del coloide, ya seco, se observa en el microscopio estereoscópico, observando una película incolora homogénea, fuertemente adherida a la superficie del porta objetos; no presenta cristales y no existe la contracción y expansión del coloide viscoso pegajoso.

## **CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Lo interesante del presente estudio, fue haber encontrado un uso adicional para el nopal en la consolidación de arquitectura de tierra protegida bajo techumbre.

Con base en las diferentes pruebas experimentales efectuadas en el laboratorio y en campo con la goma de nopal en los adobes, se encontró que el polisacárido

consolida la arcilla de los adobes, sin alterar la apariencia y el PH de ésta, proporcionándole firmeza y solidez. Esto, producto de que la goma tiene una buena penetración en el adobe, no forma película plástica sobre la superficie, no cristaliza, no obstruye la permeabilidad de las arcillas, no se presentan expansiones y contracciones volumétricas aparentes en la goma y en los adobes, propicia condiciones inhibitorias del desarrollo de los hongos microscópicos y, prácticamente, es un carbohidrato reversible ya que se puede retirar fácilmente de los materiales con agua caliente.

La goma de nopal es un sacárido natural, que hasta la fecha es poco aprovechada por el hombre. Se le encuentra ampliamente distribuida 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 la nopalera, durante los meses de marzo – mayo, sin que se altere el ciclo biológico del insecto involucrado en la producción del glúcido.

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 toda una serie de pruebas experimentales con resultados parciales que nos ofrecen soluciones prometedoras para la conservación de los materiales orgánicos e inorgánicos de los bienes culturales, por lo cual recomendamos al personal restaurador interesado en resolver la problemática de consolidación de algunos materiales orgánicos, componentes de los bienes culturales, efectuar pruebas con la goma de nopal a diferentes concentraciones dependiendo de la problemática a tratar y del caso particular.

A continuación se sugieren las siguientes recomendaciones como una alternativa más del uso de la goma de nopal en la conservación del Patrimonio Cultural.

## **RECOMENDACIONES**

- a) El uso de la goma de nopal en la consolidación de arquitectura de tierra expuesta a la intemperie.
- b) El uso de la goma de nopal en la consolidación de la pintura mural expuesta a la intemperie.
- c) El uso de la goma en la consolidación de los estucos.
- d) El uso de la goma de nopal como aglutinantes de los pigmentos usados en la restauración.
- e) El uso de la goma de nopal en el pegado de fragmentos de cerámica.
- f) El uso de la goma de nopal en la restauración y conservación de objetos de concha.



g) El uso de la goma de nopal en la restauración y conservación de documentos gráficos de pergamino y papel.

h) El uso de la goma de nopal en la aglutinación de las pastas orgánicas usadas en el taller de escultura policromada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1.- BRAVO-HOLLIS, Helia, Las Cactáceas de México, UNAM, México, 1978.

2.- BORREGO ESCALANTE, Fernando y Burgos Vázquez Noe, El Nopal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo Coahuila, México, 1986.

3.- HOYLE Ana María, ChanChan: Aportes para la conservación de la arquitectura de tierra, Adobe 90 Preprints. Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 1990.

4.- MAGALONI KERPEL, Diana Isabel, Metodología para el análisis de Técnica Pictórica Mural Prehispánica. Tesis de Licenciatura en Restauración de Bienes Muebles, ENCRM-INAH, México, D.F.

5.- RZEDOWSKI, J. y Graciela C. de Rzedowski, Flora Fanerogámica del Valle de México., Vol. II, ENCB-IPN, México, D.F., 1985

[REGRESAR AL INDICE](#)