

LAS BOLAS DE HULE DE EL MANATÍ: DIAGNÓSTICO DE DETERIORO Y PROPUESTAS PARA SU CONSERVACIÓN

Ma. del Pilar Ponce Jiménez



Gran bola de hule proveniente del sitio arqueológico El Manatí, mostrando avance en su deterioro.

En febrero de 1988, campesinos ejidatarios del municipio de Hidalgotitlán, informaron al INAH del hallazgo de 11 esculturas de madera, huesos humanos, hachas de piedra, madejas de hule, almagre y/o hematita especular,¹ éstas fueron las primeras referencias de un sitio arqueológico con características poco frecuentes en cuanto a variedad de materiales y buenas condiciones de preservación, el sitio olmeca "El Manatí".

Al salir a la luz, el equilibrio en que se hallaban los objetos y restos arqueológicos se rompió, iniciando los procesos de deterioro. En aquel tiempo se intentó minimizar los cambios y estabilizar las condiciones ambientales con escaso conocimiento. Aún hoy se cuenta con poca experiencia en la conservación de restos orgánicos. La conservación de las piezas de hule del Manatí tiene requerimientos particulares. A la fecha se han obtenido alrededor de 18 pelotas de hule en diferentes temporadas de excavación.

¹ Ortiz-Ceballos P., Carmen Rodríguez Martínez y Paul Schmidt, "El Proyecto Manatí: Informe preliminar", *Revista de Arqueología*, No. 3, Dirección de Monumentos Prehispánicos, 1988.

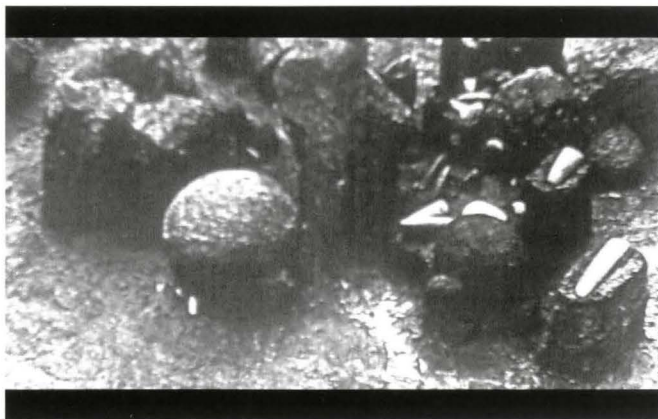
ÁREA BIOGEOGRÁFICA DE EL CERRO DE EL MANATÍ

En el pasado es probable que el sitio haya estado constituido por selvas bajas, selvas tropicales y subtropicales, alteradas con vegetación acuática, de popal, pantanos y matorrales de zonas inundables, conformando así un amplio sistema de humedales. Una región con gran abundancia y diversidad biológica que fue modificada y aprovechada por asentamientos olmecas muy antiguos.

El cerro de El Manatí tuvo un significado sagrado, y se convirtió en depositario de ofrendas.

El conocimiento y aprovechamiento de los recursos naturales quedó manifiesto en la variedad de plantas que se hallaron presentes en los enterramientos: *Ceiba pentadra* (Ceiba), *Brosimum alicastrum* (Ramon), *Hymenaea courbaril* (Coapinol), *Mucuna argyrophylla* (Tecalate), *Zuelania guidonia* (Tepecacao); algunas otras más comunes en áreas con perturbación como son *Spondias mombin* (Jobo), *Acrocomia mexicana* (Coyol), *Byrsonima crassifolia* (Nance), *Hura polyandra* (Tronadora o Haba de San Ignacio), *Cedrela sp* (Cedro), *Annona sp.*, y algunas otras son cultivadas como la calabaza y el maíz.

En este ambiente era abundante la especie *Castilla elastica*, el hule se elaboraba de la mezcla de su látex con el jugo de una flor, *Ipomoea alba*;² su preparación posiblemente proporcionaba un cierto grado de vulcanización al hule mesoamericano.



Aspecto del hallazgo de pelotas de hule en El Manatí en el año 1989.

Hoy día los ecosistemas originales apenas sobreviven, debido a la alteración causada por la deforestación, erosión y por las actividades humanas que han transformado casi totalmente el espacio. A pesar de ello la zona de El Manatí guarda una riqueza natural que merece ser preservada.

Las pelotas de hule de El Manatí están en proceso de deterioro y es deseable su conservación porque son evidencia de la antigüedad del juego de pelota en Mesoamérica, su uso ritual sigue en estudio, y la problemática de conservación del hule arqueológico ha sido poco estudiada, no solamente en México sino en el Mundo.

PARTICULARIDADES DEL SITIO ARQUEOLÓGICO Y DEL HALLAZGO

De acuerdo con las fechas de carbono 14, la fase más antigua de El Manatí (Fase A) data de 1600 a.C., se trata de un lecho de piedras y gravilla, en esta fase se encontraron 3 pelotas de hule,³ una de 15 cm y otra de 33 cm de diámetro, este es un hecho relevante pues es una época temprana para el juego de pelota (Ortiz C., P., María del Carmen Rodríguez M., C. y Alfredo Delgado C., 1997).

La siguiente fase (Fase B), de 1500 a.C. está formada por una capa de materia orgánica de grosor considerable que cubrió al lecho rocoso, esta capa tiene entre 5 y 20 cm de espesor, es una capa de turba bastante impermeable que tapó las ofrendas y favoreció su preservación. Al paso del tiempo y en fases más tardías, fueron depositadas más ofrendas en este mismo espacio, pero de una forma más ordenada, ahí se hallaron otras 3 pelotas de hule.⁴

Posteriormente el sitio se recubrió con una arcilla muy fina con alto contenido de materia orgánica que se volvió pegajosa y de color rosáceo en las partes profundas y gris oscuro en su parte superior, estos sedimentos formaron una capa de grosor variable entre 2 y 4 cm, se especula que esta capa se formó por arrastre de los manantiales que se encuentran en la parte inferior del cerro de El Manatí. Este estrato es denominado Fase Macayal A.⁵ Es en esta fase donde se localizó una fastuosa ofrenda con muchas esculturas antropomorfas de madera y una gran variedad de objetos. Se hallaron dos pelotas de hule en esta fase, son de mayor tamaño que las anteriores, miden 25 cm de largo por 20 cm de ancho. Fueron elaboradas mediante

³Hosler, D. y colaboradores, 1999.

⁴Los elementos 8-92 y 31-92 de la Fase Manatí A se encontraron colocadas directamente sobre el lecho rocoso y asociadas con hachas de excelente acabado, se trata de 3 pelotas de hule.

⁵El elemento 21-89 pertenece a la Fase Manatí B, es un conjunto de tres bolas de hule de diferente tamaño, una de 12 cm de diámetro, otra de 8 cm y la tercera de 10 cm. Se colocaron alineadas en dirección noreste, estaban asentadas sobre la capa IX pero dentro del barro rosado, donde se observaron pequeñas lenticelas de materia orgánica. Se cree que fueron ofrendadas de manera aislada, estaban cerca de las esculturas Fello, Nacho y Polo.

⁶En la Fase Macayal A se encontraron dos bolas de hule en el elemento 24-89, que estaban asociadas con dos bastones, dentro de la capa VIII pero al parecer introducidas, estaban colocadas sobre una piedra grande trabajada, de superficie plana y con una concavidad de 15 cm de fondo por 20 cm de diámetro.

tiras enrolladas en forma similar a un queso de hebra, estaban bien conservadas, de textura compacta, aunque con bastante humedad.

Las pelotas de hule de la Fase Macayal A estuvieron cubiertas por varias capas ligeras de fibras similares a las de ixtle como de 3 mm de espesor, asemejaban una bola de ixtle en greña o fibra de amate, se dijo que no era que estuvieran envueltas en las fibras, sino que formaban parte de la ofrenda, ya estaba muy degradada y por lo tanto no se pudo conservar, pero lograron rescatar una muestra.

Anteriormente los campesinos habían encontrado unas 5 pelotas y sumando las que fueron descubiertas con el Proyecto El Manatí, daban un total de 12 pelotas de hule, lo cual las hacía un factor importante en las ofrendas.

ESTRATIGRAFÍA BÁSICA DEL SITIO

La estratigrafía básica que ha sido descrita por los arqueólogos está constituida por nueve capas que pueden tener grosores diferentes e irregulares según la topografía y su distancia al cerro de El Manatí, a mayor distancia del cerro, los suelos están menos alterados:

De los nueve estratos descritos, el más importante desde el punto de vista de los hallazgos es el octavo que corresponde a la ocupación más antigua del sitio.

⁶Primer estrato. De arriba hacia abajo, tierra húmida de formación reciente, ligeramente compacta, de color café claro, probablemente corresponde al periodo Formativo Temprano y al Clásico, no es un estrato uniforme sobre todo se localiza en los cuadrantes del extremo Norte y en secciones que no han sido alteradas por los saqueos.

Segundo estrato. Suelo arenoso de color grisáceo, de textura suave, su grosor era mayor en la parte este próxima al cerro y más delgada hacia el Oeste o bien ausente. Probablemente representa al periodo Clásico y algunos objetos modernos.

Tercer estrato. Suelo de textura ligeramente compacta y de color amarillo, mezclada con piedrecillas de arenisca, se encuentra en casi toda el área, en algunas secciones se une con la capa Villa (barro negro rosáceo chicloso y suave). Corresponde al Formativo.

Cuarto estrato. Barro negro rosáceo, de textura chiclosa y suave, hay partes en la zona donde esta capa sale a flor de tierra en la parte Norte del cerro, Esta capa y la siguiente se denominaron como estrato VIII romano.

Quinto estrato. Negro arenoso (designada como capa VI romano), de color más oscuro que la anterior y con alto contenido de arena, en la sección cercana al escurrimiento de los manantiales su textura es más arenosa por el lavado de la arcilla.

Sexto estrato. Otra capa de barro de textura y compactación similar a la anterior pero con mayor humedad y cambios en el color tornándose de una tonalidad rosácea a casi rojo en algunas secciones, producto de la alta proporción de hematita, este estrato y el anterior se interrumpen por capas delgadas o por lentes de materia orgánica semejantes al tule y pasto acarreados por crecientes del pantano, la frecuencia de tule es mayor hacia la parte Sur.

Séptimo estrato. Capa compacta de turba, es casi impermeable, constituida por abundante materia orgánica (zacate, hojas, ramas, etc.), su grosor varía de 3 a 10 cm, forma como una alfombra con poca cohesión, este estrato sigue el contorno formado por el lecho de piedras pero se adelgaza hasta desaparecer en el extremo Sur y al límite Norte (se le denominó capa IX romano). Al remover este estrato hay abundantes filtraciones de agua.

Octavo estrato. (a este estrato se le denominó capa X romano) Contiene arena fina, en partes mezclada con barro negruzco o con tierra vegetal, corresponde a la primera y más antigua ocupación del sitio, está asociada con una capa arenosa, sobre todo en la orilla del cerro, al Este se encuentran otros depósitos de coluvión o cascajo de gravilla y debajo de este se encuentra un barro amarillo pegajoso o tepetate, en esta capa se encontró gran cantidad de restos orgánicos bien preservados como ramas, troncos, raíces, semillas varias, semillas de coyol, frutos de Jobo.

Noveno estrato. Lecho rocoso asociado con sedimentos arenosos. Piedras grandes, las cuales se supone formaron el lecho de una poza o de un viejo cauce de arroyo, asociado con un suelo arenoso suave y de color gris oscuro con grava que se introduce en el nivel freático. En esta capa es donde se halla la primera evidencia del uso sagrado de este espacio.

⁷De acuerdo con Leticia Brito, quien hizo análisis de los materiales óseos encontrados en los estratos negro y rosáceo, el tono rosado se debe a una alta proporción de hematita, creando un sedimento rico en material ferroso y con un pH que oscila entre 5.6 y 3.2.

Los arqueólogos encontraron la estratigrafía de la zona bastante modificada tanto por las actividades de los campesinos como por fenómenos hidrometeorológicos, por lo tanto para ellos fue difícil reconstruir los estratos existentes que además son muy variables en forma y extensión.⁶

PRESERVACIÓN EN MEDIOS SEDIMENTARIOS

La importancia de los datos de la estratigrafía es el aporte de información útil para explicar el buen estado de preservación de los materiales arqueológicos de El Manatí, es preciso conocer las condiciones que predominaban bajo tierra antes de la excavación, ya que estas condiciones determinaron la permanencia de los materiales, y quizá puedan proporcionar claves para su preservación.

Se hicieron dos determinaciones de pH⁷ en restos de suelo conservados en refrigeración obteniendo como resultado 2 y 3.5, este dato es importante para interpretar las condiciones que han favorecido la preservación de los objetos por miles de años.

El fuerte deterioro observado en algunos materiales cerámicos también es evidencia de un pH considerablemente ácido.

En contextos de enterramiento muy antiguos o donde las condiciones son propicias, es frecuente la carbonización de los restos vegetales, en este caso podrían haber ocurrido fenómenos de permineralización dada la riqueza en minerales de hierro; en algunos de los restos de hojas de plantas se observaron algo como cristales superficiales.

La preservación de los restos orgánicos es poco común, por la rápida descomposición que llevan a cabo las bacterias y otros microorganismos. Para ser preservadas las partes blandas, se requiere de un completo aislamiento contra el oxígeno después de la muerte. Esto ocurre cuando los organismos son enterrados rápidamente en sedimentos de granos muy finos y en ausencia de oxígeno, pero esto solo sucede en ambientes raros y aislados.⁸ Con frecuencia los ambientes marinos y lacustres son aquellos donde se acumulan con mayor frecuencia sedimentos finos.



Pequeña bola de hule de El Manatí con parte del sedimento que la cubría, completamente seca.

La abundante materia orgánica encontrada en el contexto arqueológico, evidenció una exuberante vegetación. La actual conformación del sitio, un amplio sistema de humedal, hace probable que la vegetación de selva tropical y subtropical haya existido alternada con vegetación acuática, y de pantano.

El hallazgo de artefactos de hule se cuenta entre las más raras ocurrencias en la arqueología mesoamericana. El número de objetos recuperados hasta la fecha es pequeño, particularmente si consideramos que la producción de hule era abundante en casi todas las zonas tropicales de México y Centroamérica, y que las sociedades precolombinas utilizaron este polímero de muchas formas diferentes como consta en los códices indígenas.

Esto se explica debido a que el hule es un material de origen biológico extremadamente vulnerable al oxígeno, ozono, luz, calor, metales, ácidos, bases fuertes, aceites, grasas y microorganismos.

Los artefactos arqueológicos de hule que se conocen actualmente en México, vienen de tres lugares precolombinos muy distantes uno del otro, tanto en espacio como en tiempo, El Manatí en Veracruz, Chichen Itzá en Yucatán, y Tenochtitlán en el Distrito Federal.

En todos los casos se hallaron en contextos saturados de agua o completamente sumergidos, es decir, con condiciones de temperatura estables y un porcentaje de oxígeno disuelto significativamente reducido, retrasando así los procesos de oxidación.

De manera resumida, la reconstrucción del proceso de elaboración de las bolas de hule prehispánicas inicia con la incisión de la corteza de árboles maduros para extraer el látex, líquido viscoso colectado en un recipiente o en un agujero excavado en la tierra. Luego, por ebullición, es posible lograr la separación del hule de los demás componentes del látex, obteniendo largos hilos de hule elástico y grisáceo. Se conformaban las bolas, enrollando poco a poco las tiras de hule aún calientes. Cada capa era alisada con los dedos, golpeada sobre una superficie plana y perforada con una espina para evitar la formación de bolsas de aire en su interior. Repitiendo hasta alcanzar el tamaño deseado.⁹

En 1998 Dorothy Hosler del Instituto Tecnológico de Massachusetts, recibió permiso del INAH para llevarse muestras de dos antiguas bolas de hule provenientes del Manatí, la toma de las muestras se hizo con un sacabocados.

Sandra L. Burkett y John Chipman se encargaron de los análisis para identificar los mecanismos responsables de la coagulación de la mezcla de látex y del jugo de la *I. alba*.

El estado del arte de las técnicas de evaluación mostró que la mezcla mejoraba las propiedades de elasticidad y creaba una sustancia manejable para diversos usos. La planta de la flor contiene compuestos de azufre¹⁰ capaces de entrecruzar el polímero del látex e introducir segmentos rígidos en las cadenas de polímero.

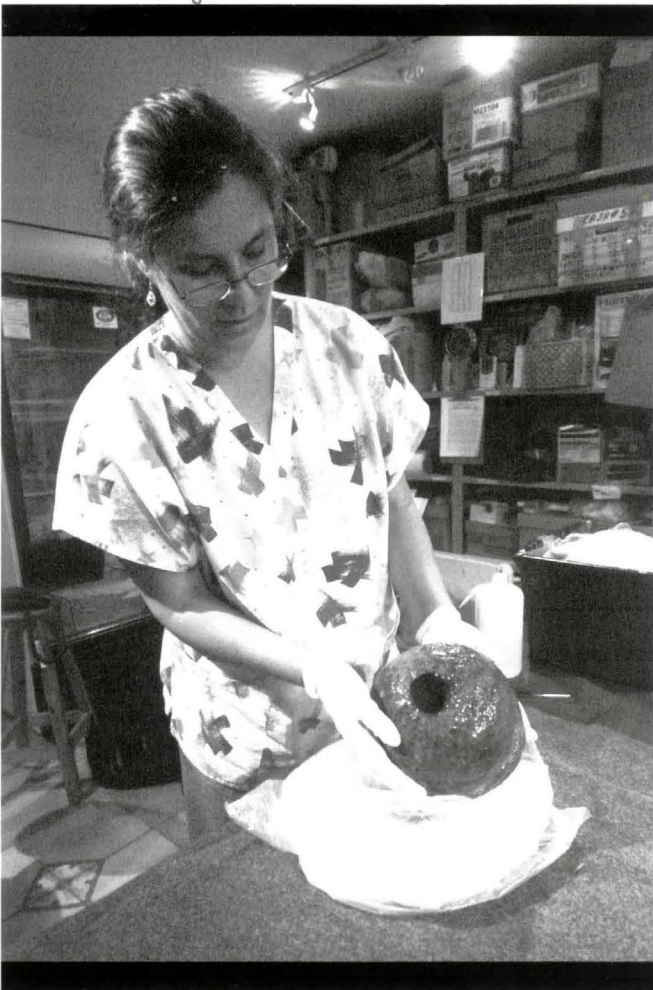
En el estudio¹¹ encargado por Hosler se reporta que tanto los materiales orgánicos como inorgánicos fueron examinados disueltos y en estado sólido. Se afirma que los estudios de resonancia magnética nuclear NMR (por sus siglas en inglés) pueden identificar fuentes de materia prima, verificar autenticidad, y delinear tecnologías antiguas.

⁸Pamela J.W. Gore, FossilPreservationLaboratory. última modificación 13 diciembre de 2003. http://gpc.edu/~pgore/geology/historical_lab/contents.php

⁹Leonardo López Luján. La Casa de las Águilas. Un ejemplo de la arquitectura religiosa de Tenochtitlán. Tomo I. Mesoamerican Archive and Research Project, Harvard University. CONACULTA-INAH-Fondo de Cultura Económica, 2006. 337 p. Ilus. 27X21 cm

¹⁰Compuestos organosulfurados, algunos ejemplos de este tipo de compuestos serían la cisteína y el glutatión.

¹¹Joseph B. Lambert, Catherine E. Shawl y Jaime A. Stearns. Espectroscopia de Resonancia magnética nuclear en arqueología. Departamento de Química de la Universidad Northwestern, Illinois, USA. Publicado en 7 de abril de 2000.



Horadación que quedó en una de las bolas después de sacar una muestra con sacabocados.

Hosler examinó el espectro puro del carbono 13 de látex moderno, de un material recién procesado y de un material antiguo de El Manatí. Primero hipotetizaron que el jugo de *Ipomoea* agregado inducía entrecruzamiento de las dobles ligaduras del poli-isopreno. El material con entrecruzamiento tendría mayor resistencia y elasticidad. Dando por resultado un entrecruzamiento análogo a la vulcanización, que establece puentes de sulfuro entre las cadenas de poli-isopreno, lo que da mayor estabilidad a la estructura y mejora sus propiedades.

El espectro NMR de los materiales moderno y antiguo desafortunadamente no reveló picos de carbonos entrecruzados. Posiblemente porque el número de entrecruzamientos esté por debajo del límite de sensibilidad del experimento con NMR.

El espectro del látex puro muestra características que no aparecen ni en el material recién procesado ni en el material antiguo. Esta observación sugiere que el procesado implica purificación.

Hosler y sus colaboradores sugirieron que el jugo de *Ipomoea* servía para coagular el látex, separando también los compuestos orgánicos solubles en agua (como son las proteínas). El material resultante podría tener cadenas más entrecruzadas o más enredadas, lo cual no necesariamente se mostraría en el espectro NMR.

El NMR confirma que la muestra arqueológica es totalmente similar al látex moderno recién procesado. También sugiere que el procesamiento mejora la elasticidad mediante la eliminación de componentes. Sin procesamiento químico nunca se habría inventado la pelota de hule, y la rica cultura asociada con el juego de pelota no se habría desarrollado ni se hubiera vuelto parte integral de la vida mesoamericana.

DETERIORO DEL HULE

El principal factor interno del deterioro del hule, es una gran cantidad de dobles ligaduras que son inestables. La reacción más común es la de oxidación, el oxígeno se disocia y produce radicales libres muy activos que atacan las dobles ligaduras en el isopreno, esta reacción produce nuevos radicales libres que extienden el efecto de despolimerización.

La luz es uno de los agentes más importantes ya que la energía que genera promueve las reacciones de fotooxidación, rompiendo las dobles ligaduras.

La humedad puede ser un factor de deterioro, aunque no se considera tan significativo como los otros. Al parecer la humedad juega un papel en la reacción del ozono con el hule en su superficie. Al romperse las dobles ligaduras se pueden producir acortamientos de cadena que debilitan la resistencia del material o pueden formarse productos de degradación por oxidación como alcoholes, aldehídos, ésteres y ácidos orgánicos o carboxílicos, y empiezan a formarse agrietamientos característicos que suelen seguir la dirección de las fuerzas de tensión o de alargamiento del material.

Bajo ciertas condiciones metales como el cobre (Cu) y el manganeso (Mn) actúan como catalizadores de las reacciones de oxidación, otros metales también lo hacen pero en menor grado, entre ellos el hierro (Fe) níquel (Ni), cobalto (Co), otros catalizadores de oxidación son los vapores de ácido.

Los aceites y los solventes degradan al hule, muchos de estos son capaces de penetrarlo extendiendo su acción más allá de las capas superficiales. De ellos los más dañinos

son los solventes polares como el alcohol y la acetona. En presencia de alta temperatura se aceleran las reacciones químicas. En oscuridad y a temperatura ambiente también ocurren reacciones de oxidación pues el oxígeno requiere poca energía para reaccionar.

BIODETERIORO DEL HULE

La superficie de las bolas de hule ya presenta grietas y fragmentaciones, se ha conservado el estado húmedo añadiendo agua periódicamente, para evitar que se sequen totalmente, aunque con o sin humedad, a la larga el daño seguirá siendo significativo. El agua se va perdiendo constantemente por evaporación, al observar al microscopio una pequeña muestra del agua de una de las pelotas, se observaron filamentos y microorganismos de varias formas y grosores, algunos con movimientos activos.

El hule puede ser atacado por bacterias que se alimentan de las proteínas y carbohidratos que aunque en baja proporción, se encuentran en el hule. También hay microorganismos capaces de degradar el propio polímero de isopreno por ataque enzimático a las dobles ligaduras, causando acortamientos en las cadenas y productos de degradación.¹² La acción de los microorganismos puede provocar cambios en la coloración del hule en forma de manchas, cambios en el pH, pequeñas fisuras y agrietamientos por donde puede introducirse el aire y oxígeno.

Los primeros aislamientos de microorganismos provenientes de muestras arqueológicas, se hicieron en medio líquido con sales minerales y extracto de levadura,¹³ o en caja de Petri con medio Saboraud, inoculando una suspensión de la muestra de hule arqueológico con una jeringa estéril, luego, las colonias obtenidas se sembraron en tubo, se hicieron frotis y tinción de Gram.

Las colonias de microorganismos que se obtuvieron son: Bacterias Gram positivo, Hongos y Actinomycetes, también se observó un Tardígrado y gran cantidad de Nemátodos.

Todos estos microorganismos probablemente provienen de contaminaciones de suelo, su presencia y actividad denota el desarrollo de un microhabitat.

En el momento de su recuperación, las bolas de hule fueron colocadas dentro de cubetas con restos del material que las cubría. Posteriormente se lavaron con agua de la llave, luego se enjuagaron con agua destilada, se les agregó un biocida¹⁴ y se colocaron dentro de bolsas de plástico negro para protegerlas de la luz, manteniéndolas húmedas por aspersión y, apoyadas sobre un material blando para evitar su deformación, dentro de bolsas de polietileno. Desde un principio se consideró implementar una cámara con atmósfera de nitrógeno, sin embargo no se contaba con el presupuesto requerido.¹⁵

A mediados de Noviembre de 2001 la Arqueóloga Carmen Rodríguez observó que la bola de hule guardada en refrigeración se conservaba en mejor estado que las bolas en bolsas de plástico negro. En el refrigerador se registraban 38 % HR y 15 °C. Debido a que en las bolsas negras, las piezas estaban expuestas a los cambios de humedad y a la manipulación, se cambió el empaque, buscando conservar mejor la humedad y minimizar el contacto con el aire, se mantuvieron en el taller de restauración; que cuenta con aire acondicionado, sin embargo el control microclimático no ha sido eficiente, y a lo largo del tiempo se han generado problemas de desecación, así como la proliferación de microorganismos. Por eso las bolas de hule fueron tratadas por segunda vez con Citricidín® al 0.5 % por aspersión para combatir los microorganismos, luego se enjuagaron con agua destilada para eliminar los residuos del biocida, se envolvieron en plástico adherente (Ego-Pack®) para mantener la humedad, luego con bolsas de polietileno transparente para minimizar la entrada de aire, se guardaron en cajas de plástico con cojines de espuma de poliure-



Para minimizar la pérdida de humedad se envolvieron en plástico.

¹² En el Instituto Tecnológico de Veracruz, se hicieron algunas pruebas experimentales para aislar Actinomycetes, con el objeto de seleccionar cepas capaces de degradar el isopreno purificado como fuente única de carbono e inocularlas en muestras de hule de *Hevea brasiliensis* y en muestras de hule vulcanizado. Sin embargo aún cuando se aislaron varias cepas que presentan características de Actinomycetes, no era sencillo purificarlas y trabajar con ellas, pues exigen especializarse en su cultivo y manejo, por otra parte, la identificación a nivel de género y especie se hace a través de la comparación de secuencias de RNA ó DNA, fuera de nuestro alcance y muchos otros problemas por lo cual no se continuó este trabajo.

¹³ KH₂PO₄ (1 g), K₂HPO₄ (1 g), MgSO₄ · 7H₂O (0.5 g), extracto de levadura (5 g) y agar (25 g).

¹⁴ Citricidín® 0.05 % aproximadamente.

¹⁵ En septiembre de 2005 se consideró la construcción de un cuarto frío prefabricado de 15 m² con control de humedad y temperatura, atmósfera de nitrógeno e iluminación controlada, incluyendo el empaque individual de las bolas de hule, se cotizó en cien mil pesos (\$100,000.00), sin embargo en ese año aún no existía el proyecto de conservación de las bolas de hule del El Manatí y por lo tanto no había presupuesto.



Manipulación de una de las bolas de hule durante la aplicación de Rayos X.

tano para evitar su deformación y como protección, las cajas se colocaron dentro de bolsas más grandes, se sellaron y se cubrieron con plástico negro para impedir el paso de la luz. Para mantener un ambiente húmedo se introdujeron algodones con agua, al paso del tiempo el plástico adherente se fue poniendo reseco y rígido, sospechamos que este plástico reacciona con el hule por lo cual se cambió por bolsas de polietileno.

Al romper el equilibrio en que se hallaban y al cabo de 10 años de permanecer en contacto con la atmósfera, entre fluctuaciones de humedad y temperatura. Someter el material a lavados con agua destilada debe haber modificado las condiciones superficiales y el pH, la fumigación con Citricidín®, la envoltura en polietileno y en Ego Pack®, seguramente han tenido efecto sobre el material, sin embargo desconocemos en qué modo y a qué grado. La pérdida de agua o de humedad probablemente estaría acompañada de un aumento en la rigidez del material, el contacto con el oxígeno del aire, causará que el material gradualmente se agriete y se vuelva más quebradizo.

El primer planteamiento de un proyecto para la conservación de las bolas de hule se presentó a finales del año 2006, una década o poco más después de su excavación, analizando y proponiendo un sistema de guarda con refrigeración.

Aunque en años anteriores se presentaron otras propuestas para elaborar un sistema de guarda libre de oxígeno, esta vez se propuso un sistema de guarda con refrigeración, el propósito era estabilizar el ambiente para frenar el deterioro. Gracias al apoyo de la administración del CIV y a la insistencia de la Arqueóloga Carmen Rodríguez Martínez, se adquirió un refrigerador para uso exclusivo en la conservación del hule del Manatí y de otros materiales arqueológicos sensibles que se encuentra en el taller de restauración del CIV.

En 2006, sin contar con presupuesto para este proyecto, se obtuvo información bibliográfica sobre deterioro del hule, sistemas de anoxia y sobre diversos productos potencialmente utilizables en la preservación del hule, en el 2007 básicamente se continuó con esta recopilación de información, incorporando el aspecto de las condiciones de enterramiento y antecedentes en la conservación del hule a nivel internacional, también se investigó sobre el biodeterioro de las pelotas, en el 2008 se realizaron algunas observaciones experimentales para caracterizar el deterioro del hule, se implementó un sistema de guarda a 10°C con la finalidad de aminorar la tasa de descomposición microbiana y las reacciones de oxidación, se está buscando mejorar el sistema de guarda mediante la incorporación de contenedores de policarbonato sellados herméticamente y se contempla incluir absorbentes de oxígeno en estos contenedores. También se ha considerado el empleo de materiales con propiedades antioxidantes.



Uso de guantes y una superficie suave de poliuretano durante la manipulación de una de las pelotas.

PROPUESTAS Y SUGERENCIAS

Se propone mantener un sistema pasivo de anoxia utilizando un refrigerador (Figura 1), para el almacenamiento a largo plazo.

Ventajas: Resulta más económico y requiere menos mantenimiento que un sistema activo con atmósfera inerte de nitrógeno o argón, y también es más económico que la construcción de una bóveda fría y no requiere un espacio fijo.

Desventajas: El espacio disponible para almacenamiento es muy reducido, los materiales de embalaje no son permanentes y requieren constante inspección y cambio periódico, los materiales para el empaque en condiciones de anoxia no se consiguen fácilmente.

Elementos que constituyen el sistema de anoxia pasiva:

- Para sustentar cada bola de hule, se requiere de una base elaborada con material inerte, suave y acojinado para no causar deformaciones o marcas, por ejemplo de poliuretano o un material similar.

- Para conservar la humedad de las piezas se consideró aislarlas dentro de bolsas de plástico con barrera de oxígeno, sin embargo, a falta de éste, se ha utilizado polietileno, que es permeable al oxígeno e impermeable a la humedad en varias capas.

- Sería ideal utilizar un producto absorbente de oxígeno, pero para ello es indispensable el empaque de plástico con barrera que no modifique la humedad. Las tabletas indicadoras de oxígeno AgelessEye®, verifican la ausencia de oxígeno.

- Un indicador de humedad permitiría el monitoreo de los niveles de humedad y detectar fallas en la hermeticidad de los empaques a mediano plazo.

- Temperatura de 10 °C, es ideal para conservar las propiedades del hule. Puede obtenerse con un refrigerador o

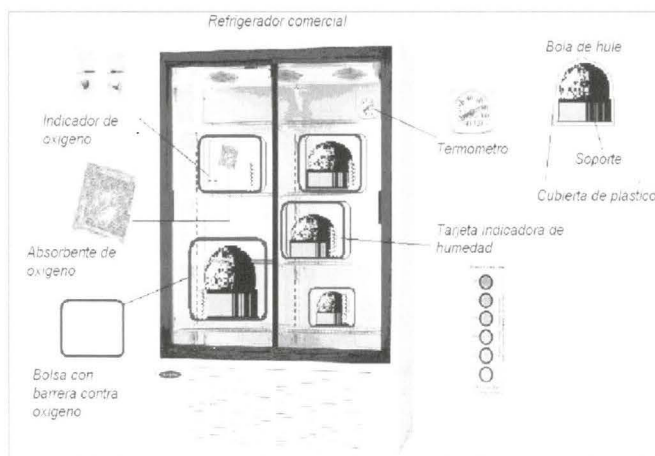


Figura 1. Elementos del sistema de anoxia pasiva propuesto para el almacenamiento de las bolas de hule.



Actualmente las pelotas de hule de El Manatí se encuentran en el taller de restauración del Centro INAH Veracruz.

enfriador comercial para bebidas. Se debe considerar que en ambientes cerrados las fluctuaciones de la humedad relativa responden a las fluctuaciones en la temperatura, el uso del refrigerador debe reducir estas fluctuaciones.

– Aunque las pelotas de hule se han mantenido con un nivel de saturación, un rango menor de humedad sería menos favorable para la actividad microbiológica; las atmósferas sin oxígeno son útiles para controlar hongos, bacterias y otros microorganismos aerobios, combinado con una disminución en la humedad, es posible restringir la presencia de anaerobios facultativos (que pueden vivir en presencia o ausencia de oxígeno). La HR mínima tolerada por los aerobios es 60%, los anaerobios no toleran debajo de 30 ó 40%. Sin embargo no es posible disminuir la humedad sin antes aplicar algún método de consolidación y una capa de protección al material arqueológico, por lo cual no se lleva a cabo.

– En cuanto a iluminación, debe ser muy restringida, en especial para las longitudes de onda cortas como el ultravioleta de las lámparas fluorescentes, las ondas largas como el infrarrojo y las lámparas incandescentes por el calor que generan, en todo caso deben utilizarse filtros ultravioleta, y debe limitarse la intensidad a menos de 100 luxes. Las puertas transparentes permitirían visualizar los materiales

en el interior del refrigerador solo cuando fuera requerido y vigilar el estado de hermeticidad de los empaques, el resto del tiempo pueden permanecer cubiertas de la luz; hay que considerar también que la ausencia de oxígeno minimiza las reacciones de fotooxidación.

Se ha propuesto también elaborar reproducciones de algunas de las bolas de hule para propósitos de exhibición, mediante moldes.

CONCLUSIONES

El proceso de deterioro es continuo, no se puede evitar. Este deterioro ha avanzado notablemente.

Aún es prematuro sacar conclusiones sobre cuál es el mejor método de preservación y sobre la posibilidad de intervención, especialmente para las bolas que muestran un mayor avance de deterioro, lo más preocupante son los agrietamientos y la pérdida de material que puede llegar a desestabilizar la estructura del cuerpo de la pelota, esta investigación continúa, sin embargo ahora es posible delinear algunas conclusiones preliminares, si bien es imposible detener el proceso de deterioro si es posible hacerlo más lento. Es claro que debe estar en un ambiente libre de oxígeno.

De momento las bolas de hule parecen estar estables, sin embargo deben permanecer en sus guardas y no es conveniente que sean expuestas ni manipuladas a riesgo de acelerar su deterioro.

Es importante tomar en cuenta las condiciones de enterramiento en que se preservaron, pues es posible que no sea conveniente tratar de igual forma las bolas de hule del Manatí que se encontraron en un pH ácido, que las bolas de hule del Templo Mayor que se encontraron en un pH neutro. Por otro lado, el tamaño juega un papel en los esfuerzos físico-mecánicos que influyen sobre estos objetos, y los hay de diversas dimensiones.

Por otro lado, a la luz de los criterios de la restauración, es importante conservar las evidencias de su historicidad y del contexto original en que se hallaron.

BIBLIOGRAFÍA

- Ortiz-Ceballos, P., Rodríguez-Martínez, C. y Paul Schmidt, "El Proyecto Manatí: Informe preliminar", *Revista de Arqueología*. No. 3, Dirección de Monumentos Prehispánicos, 1988.
- Schindelholz, Eric, A simple guide for archaeological materials characterization with contributions by Paul S. Storch, MA, Senior object conservator, Daniels objects conservation laboratory, MHS. Senior Research Paper. Fall Semester 2001. Department of Anthropology. University of Minnesota.
- Alejandra Alonso Olvera y Valeria García Vierna. *Propuesta de lineamientos teóricos y prácticos de la Subdirección de Conservación Arqueológica de la Coordinación Nacional de Restauración del INAH*. CNCPC, INAH, *Ponencia presentada en el Seminario de Conservación del Patrimonio Artístico y Conservación del IIE-UNAM*. Taxco, Guerrero, México 2001.
- Arturo Oliveros, Lillian Scheffler. "El juego de pelota en Mesoamérica", en *Tradiciones arqueológicas*, Coordinador Efraín Cárdenas García, Zamora, Mich. El Colegio de Michoacán, Gobierno del estado de Michoacán, 2004.
- Cahueque-Acosta, Roberto Antonio. Evaluación de dos agentes coagulantes para látex natural, en la fabricación por inmersión de guante tipo doméstico. Trabajo de Graduación para la obtención de título de Ingeniero Químico por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Noviembre de 2008. Consultado en línea en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1065_Q.pdf consultado el 4 de noviembre de 2011.
- Diz, A.; Miró, F.; Rodríguez Barbudo, M.V.; Rivero, J. L. L.; Galisteo, A.M. y Conde-Pérez, A.J. La plastificación como técnica de conservación del material anatómico. *An. Vet. (Murcia)* 9-10: 49~56(1 993-94).
- Filloy-Nadal, Laura y Miguel Angel Canseco. "Conservación y deterioro de objetos de hule prehispánico" conferencia presentada en el International Material Research Congress, Cancún, México, 1996.
- Joseph B. Lambert, Catherine E. Shawl y Jaime A. Stearns. Espectroscopia de Resonancia magnética nuclear en arqueología. Departamento de Química de la Universidad Northwestern, Illinois, USA. Publicado en 7 de abril de 2000.
- Hosler, D., Burket, S.L. Tarkanian, M.J. Prehistoric Polymers: Rubber Processing in Ancient Mesoamerica Science. 18 June 1999: Vol. 284, No. 5422, pp. 1988-1991.
- Laura Filloy Nadal, Jose Luis Ciales, Leonardo López Luján, Raúl Chávez Sánchez, Ximena Chávez Balderas. The use of Helical Computed Tomography (Helical cr) in the identification of the manufacturing techniques of Pre-Columbian and Contemporary Rubber Balls. *Antropología y Técnica*. Nueva Época, No. 6, UNAM.
- Pamela J.W. Gore, Fossil Preservation Laboratory. última modificación 13 diciembre de 2003. http://gpc.edu/~pgore/geology/historical_lab/contents.php
- Quirce Gancedo Luis, Conde-Salazar Gómez, "Obtención y procesamiento del caucho natural", en *Alergía al latex*, Santiago Cap. 1, Ed. MRA, Barcelona, 2002.
- Reduca(Biología). Serie Fisiología Vegetal. 2(3):119-145, 2009. Metabolismo secundario de plantas. Adolfo Ávalos García y Elena Pérez-Urria Carril (Depto. de biología vegetal 1 fisiología vegetal) Facultad de Biología. Universidad Complutense. Madrid. Consultado en http://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf (consultado el 4 de nov de 2011)
- René Fernando Molina Martínez, Julia María Lesher Gordillo. El látex en México, Una visión Histórica. En internet. http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/27/06_El%20latex%20en%20Mexico%20Una%20vision%20historica.pdf, consultado el domingo, 27 de febrero de 2011.
- Scientific American/ Volume 2, Issue 1, September 26, 1846, New York, pág.8.
- Smithsonian. Museum Conservation Institute. http://si.edu/mci/english/research/past_projects/rubber_deterioration.html
- The exploitation of Natural Rubber. M.J.R. Loadman, Publication 1531, English version of chapter from *Gummi-die elastische Faszination*, Ulrich Giersch and Ulrich Kubisch, Berlín: Nicolai, 1995. Reprinted by the Malaysian Rubber Producer`s Research Association.
- The Journal of the Society of Chemical Industry, Vol. XXI, 1902, No. 23. en *Imp. Inst. J.*, No. 8(95). Por C.O. Weber.
- Wayne Cokeley, Gabriell De Bear Paye, Catherine Roberts and Dean Birdsall. Woodrow Wilson. Fruit dispersal of *Castilla elastica* in secondary forest and a developed area of the la Selva Biological reserva, Costa Rica. Foundation Fellows. En internet: http://www.woodrow.org/teachers/esi/2000/cr2000/Group_1/Research_Project/Castilla.htm, consultado el domingo, 27 de febrero de 2011.