

# El hule: de los olmecas a los polímeros sintéticos

FLAVIO VÁZQUEZ MORENO,\* RAYMUNDO CRUZ ALMANZA,\* ENRIQUE ÁNGELES ANGUIANO,\*  
ÓSCAR OLEA CARDOSO\*\* Y RAFAEL LÓPEZ CASTAÑARES\*\*

## *Rubber: From the Olmecs to the Synthetic Polymers*

**Abstract.** *The latex of natural rubber is obtained from different species of tropical growths, mainly the Hevea Brasiliensis, and this natural rubber was the first elastomeric substance known by man. It was discovered in the region of the Gulf of Mexico 3500 years ago, where native American peoples assigned it an important religious value and invented elementary techniques for its use. Natural rubber was put to industrial use for the first time in the beginning of the XIX century, but new uses for natural rubber were found later thanks to the invention of the vulcanization process by Goodyear. As the consumption of rubber increased steadily, it was necessary to develop synthetic substitutes, and the research carried out in search of new elastomeric materials stimulated the development of the polymer science. The most important synthetic rubbers obtained from these research efforts are the Styrene-Butadiene Copolymers, widely used in the modern world.*

*However, natural rubber has not been completely substituted by synthetic products and new applications, with clear ecological advantages, are possible.*



substituted by synthetic products and new applications, with clear ecological advantages, are possible.

## Introducción

Muchas veces los historiadores pasan por alto la influencia que determinados materiales han tenido sobre los acontecimientos humanos. Por ejemplo, sustancias tan humildes como la sal o el estaño han sido capaces de provocar la formación y la caída de imperios o impulsado viajes de gran duración y riesgo. En este trabajo nos proponemos relatar las vicisitudes a través de la historia de una sustancia muy peculiar: el hule, que fue el primer material elástico o elastómero conocido por la humanidad. Pocos podrían imaginar los inmensos periplos que se efectuaron o las guerras que se emprendieron para apropiarse de esta materia elástica.

El hule se obtiene de la savia de diferentes especies vegetales de la América tropical. La mayor parte de la producción actual proviene de un árbol de la familia de las euforbiáceas, el *Hevea Brasiliensis*. En México existe una especie similar, de la familia de las moráceas, el *ulcuhuitl* o árbol del hule (*Castilloa Elástica Cervica*). Al efectuarse una serie de incisiones en el tronco del árbol, escurre un látex blancuzco, constituido por un gran número de glóbulos microscópicos dispersos en agua. Esta suspensión acuosa de partículas de hule es estabilizada por un gran número de cadenas proteínicas que actúan como un jabón natural (surfactante o tensoactivo). Las partículas de hule presentan diámetros que oscilan entre 0.006 y 6 micras (ver figura 1). Un látex típico contiene alrededor de 30 o 40% de hule sólido, el cual es separado de la fase acuosa mediante precipitación en medio ácido o añadiendo sal.

## I. Sacralidad y comercio del hule en la América prehispánica

Según nuestros conocimientos actuales, fueron los olmecas (el pueblo-hule) los primeros en descubrir el hule. Los arqueólogos encontraron recientemente el testimonio más antiguo de utilización de este elastómero en el sitio llamado "El Manatí", al sur de Veracruz. Ahí se descubrieron objetos ofrendados por los sacerdotes olmecas a las divinidades del agua hace 3,600 años (Ortiz, 1994: 69). Entre los hallazgos se encuentran varias bolas de hule, con diámetros entre 8 y 25 cm, las cuales fueron utilizadas en el juego ritual de pelota. En efecto, los olmecas, que habitaban la región de la costa del Golfo de México, lugar en donde abunda el *árbol del hule* se sintieron seguramente atraídos por el olor penetrante del látex

\* Departamento de Polímeros, Facultad de Química, UAEM. C. P. 50000. Toluca, México. Fax: (72) 17 38 90.

Correo electrónico: fsm@coatepec.uaemex.mx

\*\* Coordinación General de Investigación y Estudios de Posgrado, UAEM. Instituto Literario No. 100 Ote., C. P. 50000. Toluca, México. Fax: (72) 15 64 89.

segregado de las incisiones hechas en el tronco del árbol. Observaron que al calentar el látex se obtenía una sustancia de aspecto extraño que recuperaba su forma al ser sometida a un esfuerzo. La manera en que los olmecas y, en general, todos los pueblos mesoamericanos interpretaron este hecho puede ser comprendida al analizar la etimología de la palabra *hule*. En náhuatl *ullí* proviene de *ollin*, movimiento, lo cual está asociado a la propiedad que tienen las pelotas de hule: rebotar o saltar (es interesante remarcar que *chapulín* tiene la misma etimología, debido al carácter saltarín del insecto). La capacidad del hule para almacenar el movimiento hizo pensar a los antiguos mexicanos que esta sustancia era una especie de receptáculo de energía (*tonalli*). De ahí que la bola de hule, utilizada en el juego de pelota, fuera considerada un símbolo del sol (*Tonatiuh*, “dador de *Tonalli*”), principal fuente de energía de nuestro mundo, que posee además una forma esférica. También para los mayas, el elastómero tenía una cierta “energía” (Freidel, 1993), como lo demuestra el hecho de que la bola de hule empleada en el juego de pelota representaba la cabeza del héroe solar Hun-Ahaw (ver figura 2).

Los olmecas fueron los primeros en realizar todas estas asociaciones, que transmitieron a sus sucesores mesoamericanos, como mayas, zapotecas, totonacas, nahuas, etc. Estos pueblos reconocían en el hule una fuerte sacralidad. El elastómero era quemado, a manera de incienso, delante de las imágenes de los dioses (ver figura 3). Las figuras de arcilla que representaban a tales divinidades eran algunas veces recubiertas de hule quemado (una forma mágica de “energetizarlas” podríamos decir actualmente). Otra de las utilizaciones del hule consistía en el moldeo de figurillas que representaban deidades (Sahagún, 1979: II, 25, 50). Hay evidencias de que el látex de hule se empleó también como adhesivo para pegar objetos de cuero y madera. Lamentablemente, las condiciones climáticas de México han impedido la conservación de este tipo de utensilios. Sin embargo, el uso más común del hule era la preparación de bolas para el juego ritual de pelota (INAH, 1986), en el cual, los dos equipos contendientes representaban el día y la noche disputándose la fuerza del astro supremo (ver figura 4). El juego de pelota fue tan importante que un gran número de ciudades mesoamericanas poseían edificios y terrenos consagrados a tal actividad ritual. Se ha constatado que la difusión del juego de pelota rebasó las fronteras de Mesoamérica. Por ejemplo, los Anasazi de Nuevo México, Arizona y Chihuahua, intercambiaban turquesas por pelotas de hule. Los constructores de túmulos que edificaron la impresionante ciudad de Cahokia, en la región del Mississippi, también jugaban a la pelota. Hacia el sur, el empleo ritual de las pelotas de hule llegó

incluso a los indígenas de la amazonia peruana. Los feroces caribes de Cuba y los taínos de Haití igualmente

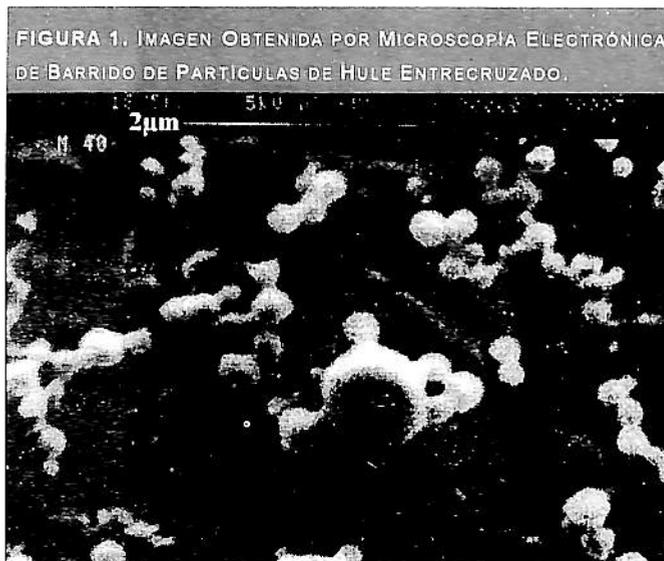


FIGURA 2. DISCO DE CHINKULTIK (SIGLO VIII). EN EL SE OBSERVA A UN JUGADOR MAYA GOLPEANDO CON LA CADERA UNA BOLA DE HULE PORTANDO LA CABEZA DE LA DIVINIDAD SOLAR HUN-AHAW (FREIDEL, 1993).

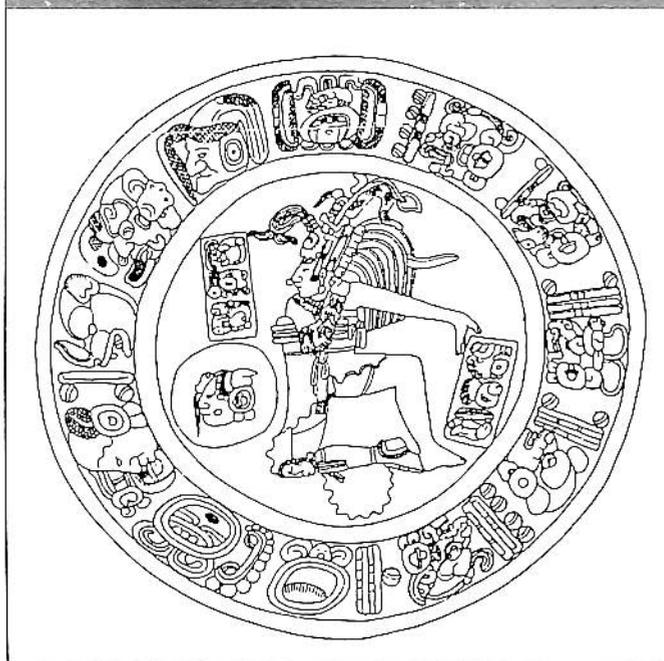
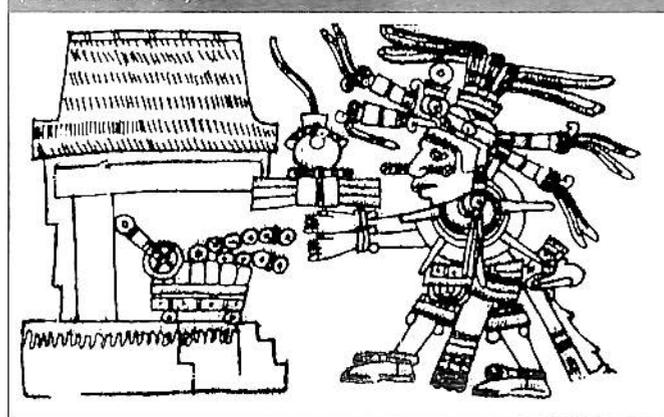


FIGURA 3. OFRENDA DE HULE DELANTE DE UN TEMPLO (CÓDICE BORGIA).





utilizaban pelotas de hule, muchas de ellas robadas o compradas a los mayas. Cristóbal Colón, en la bitácora de su cuarto viaje, consignó la admiración que experimentó al contemplar un partido de pelota entre los taínos. Fue este ilustre navegante el primero en informar a Europa sobre la existencia del maravilloso hule.

## II. Un viaje al Ecuador

Como podemos notar, el hule desempeñaba un gran papel en la economía de los pueblos de la América antigua. Las técnicas de utilización del elastómero y su comercio desaparecieron prácticamente con la conquista. Es lamentable constatar que aunque algunos misioneros y naturalistas españoles observaron el uso de tan extraño material, jamás pensaron en adoptar el manejo del hule o en darle alguna nueva aplicación. Para ello debemos esperar hasta el siglo XVIII.

En efecto, durante el siglo de las luces hubo una controversia sobre la verdadera forma de la tierra. El modelo esférico se revelaba incorrecto, lo cual provocaba desde el punto de vista práctico grandes errores en la navegación. El ilustre Isaac Newton aseguraba que la tierra era una esfera achatada en los polos, mientras que el astrónomo francés Jacques Cassini (1677-1756) afirmaba que el mundo tenía la forma de una sandía. Para arreglar la controversia se tuvo la necesidad de efectuar una expedición que midiera la longitud de un arco de meridiano a la altura del ecuador. La región ecuatorial más accesible resultó ser la América del Sur. Sin embargo, esta zona controlada por España estaba cerrada a los extranjeros, y tuvo que ser el mismo Luis XV, rey de Francia, quien solicitara el permiso para visitar el lugar. Una vez que Carlos III de España dio su consentimiento, la expedición fue encomendada al geofísico Charles

Marie de La Condamine (1701-1774). La expedición franco-española pudo, tras un largo viaje, lograr su cometido en 1745 y demostró que Newton tenía razón y que la tierra está achatada en los polos. Lo interesante también en esta historia, es que durante su estancia en la amazonia ecuatoriana, La Condamine observó cómo los indígenas obtenían el látex necesario para la elaboración de pelotas. Asimismo vio a los pueblos amazónicos impermeabilizar textiles y calzado, mediante simple impregnación en el látex (Seymour, 1990: 160). El explorador galo preguntó a los pobladores de esta región el nombre de tan maravillosa substancia, a lo cual respondieron con una extraña palabra que La Condamine transcribió como *caoutchouc* y que significa "árbol que llora". Éste es el origen del término que se utiliza para designar al hule en francés, alemán (*Kautschuk*), italiano (*caucciù*) e incluso, frecuentemente, en castellano (*caucho*). La Condamine tomó muestras del extraño material y encontró que si recubría su instrumental metálico con una capa del látex caliente, éste no se oxidaba tan rápidamente. Llevó algunas de sus muestras a Europa, y allí se convirtió en la curiosidad de moda en los diferentes laboratorios donde se divertía la nobleza ilustrada de aquella época.

Poco tiempo después, el químico inglés Joseph Priestley (1733-1804) descubrió que el hule servía para borrar la escritura de lápiz sobre papel. Fue por esta propiedad que le dio al hule su nombre en inglés: *rubber* (removedor).

## III. Nace la industria del hule

A principios del siglo XIX, el procedimiento de impermeabilización de textiles mediante recubrimiento con hule tuvo gran éxito. Se inventaron otros objetos fabri-

cados con elastómero, lo que llevó al descubrimiento de las primeras masticadoras mecánicas de hule, con el fin de facilitar su empleo. Sin embargo, la utilización del elastómero se encontraba muy restringida debido a la adhesión y suavidad excesivas que presentaban los objetos de hule, así como por la pronta degradación provocada al ser expuestos a la luz del sol. El problema fue resuelto en forma bastante curiosa por un estadounidense estrafalario, Charles Goodyear (1800-1860), fanático religioso que creía ciegamente que Dios lo había predestinado para "curar" el hule (ver figura 5). Goodyear efectuó cientos de pruebas, dilapidó su fortuna y llegó al extremo de empeñar los libros de texto de sus hijos para disponer de fondos que le permitieran continuar sus investigaciones. En 1839, Goodyear dejó caer accidentalmente una mezcla de hule y azufre sobre la estufa de su casa, y observó que el material se había endurecido un poco. Posteriormente, introdujo la misma mezcla al horno durante varias horas, con lo cual pudo constatar que, efectivamente, el hule se había hecho más rígido y que sus propiedades elásticas habían mejorado. Sin saberlo, Goodyear inventó el proceso de vulcanización, que consiste en entrecruzar parcialmente las largas cadenas moleculares que constituyen el hule, creando un puente químico entre ellas. En este caso, fue el azufre el que permitió la creación de tales enlaces. Su hermano Edward preparó una mezcla con mayor cantidad de azufre y la sometió al mismo tratamiento. Finalmente obtuvo un material completamente rígido; es decir, inventó el primer plástico termofijo. Este material recibió el nombre de ebonita (actualmente se utiliza para elaborar las armaduras de los acumuladores).

El descubrimiento de Goodyear tuvo una fuerte repercusión en el mundo industrial. Gracias a él, John B. Dunlop (1840-1921), veterinario escocés que deseaba mejorar el triciclo de su hijo, pudo inventar los primeros neumáticos. De igual manera, Waterman logró desarrollar la primera pluma fuente. Sin embargo, Charles Goodyear jamás pudo gozar de las regalías de su descubrimiento, llegando a pasar incluso un largo tiempo en prisión a causa de las deudas. Murió en la más completa miseria en 1860.

La aparición de nuevos productos obtenidos del hule natural originó un fuerte incremento en su consumo durante el siglo XIX (ver figura 6). Muy pronto, los países latinoamericanos fueron incapaces de cubrir toda la demanda mundial. Por otra parte, trataron de proteger su producción al impedir la salida de semillas del árbol del hule. El gobierno británico encomendó a Sir Henry Wickham la misión de sacar ilegalmente de Brasil algunas semillas de *Hevea*. El ilustre contrabandista sustrajo, ocultas dentro de un cargamento de hojas de plátano, 60

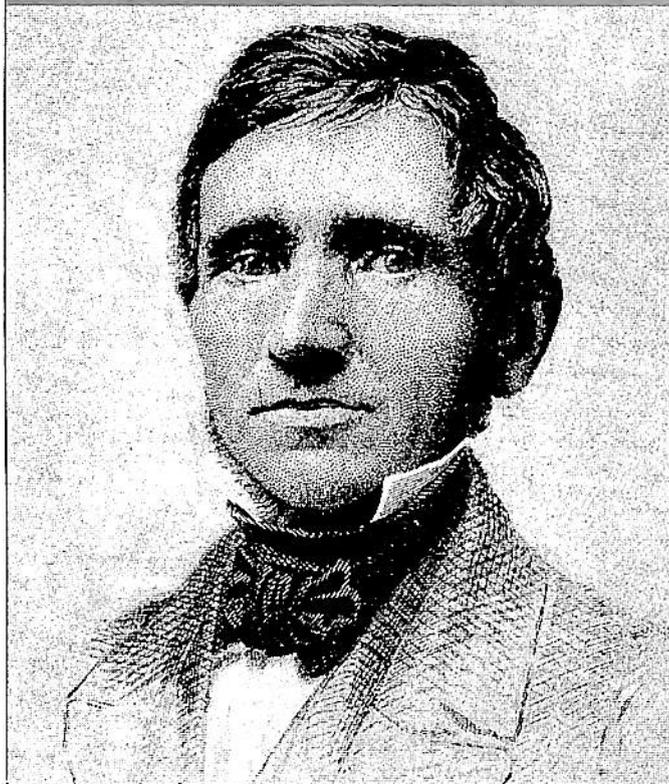
mil semillas de *Hevea* del Alto Amazonas y las llevó a los jardines botánicos de Kew; varias de ellas lograron germinar, y muy pronto aparecieron en el Lejano Oriente numerosas plantaciones de hule. Como consecuencia, el Sudeste asiático llegó a producir en poco tiempo 90% del hule natural de todo el mundo; de esta forma, se desplazó a los países latinoamericanos (Mark, *op. cit.*: 160).

No debemos dejar de mencionar que la producción a gran escala del hule natural tuvo también efectos nefastos. El fuerte olor del látex del hule se reveló mortal para los seres humanos que fueron obligados a sangrar los troncos de *Hevea* (ver figura 7). En Indochina, numerosas aldeas desaparecieron al ser sus habitantes forzados por el gobierno colonial francés a trabajar en las plantaciones del hule. Las condiciones de insalubridad y de maltrato impedían que las personas sobrevivieran ahí no más de dos años. En las amazonias ecuatoriana y peruana casi el 80% de las etnias Hoarani, Machiguenga, Mashco y Ashkinanka desaparecieron, víctimas de los buscadores de hule, quienes esclavizaban a los hombres y eliminaban a mujeres, niños y ancianos.

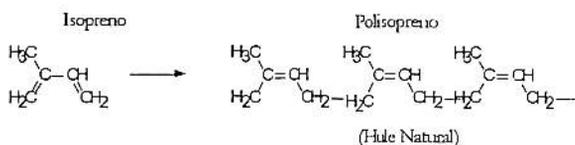
#### IV. La guerra por el hule

Hacia finales del siglo pasado, algunos investigadores intentaron desentrañar el enorme misterio que rodeaba la estructura química del hule. En esa época se había descubierto la posibilidad de sintetizar moléculas de una

FIGURA 5. CHARLES GOODYEAR (1800-1860) LOGRÓ DESCUBRIR EL PROCESO DE VULCANIZACIÓN EN 1839 (MARK, 1972).



gran longitud llamadas polímeros al someter una molécula más simple (el monómero) a una serie de reacciones consecutivas. El químico inglés sir William Tilden encontró que el hule era un polímero formado de la reacción de numerosas moléculas de isopreno. Esta reacción puede ser representada de la manera siguiente:



Desgraciadamente, Tilden y sus contemporáneos no tenían conocimiento sobre el uso de catalizadores en las reacciones de polimerización. Tilden efectuó algunos ensayos de polimerización en medio ácido y observó que la reacción transcurría muy lentamente (llevaría años efectuar una sola síntesis). Finalmente consideró que la producción industrial de un hule sintético era imposible.

Sin embargo, en 1910 el químico ruso S. V. Lebedev logró polimerizar el butadieno, gas incoloro derivado del petróleo:

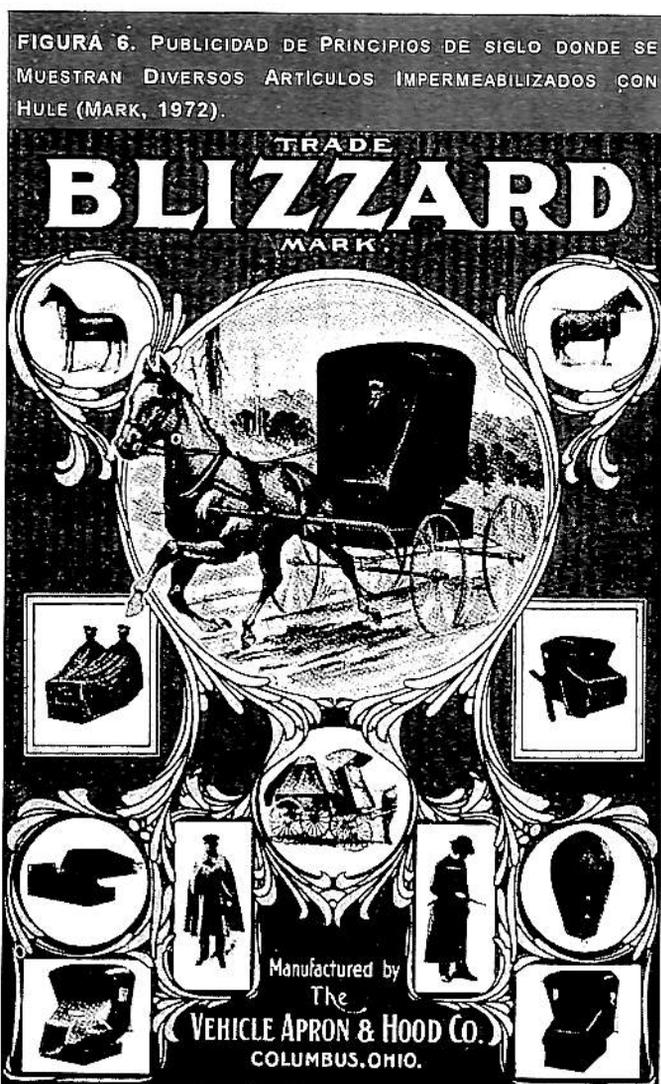
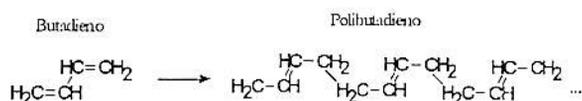
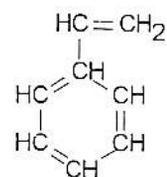


FIGURA 6. PUBLICIDAD DE PRINCIPIOS DE SIGLO DONDE SE MUESTRAN DIVERSOS ARTICULOS IMPERMEABILIZADOS CON HULE (MARK, 1972).

El polímero obtenido resultó ser un elastómero. Lamentablemente, Lebedev no pudo desarrollar el procedimiento de reacción extrapolable a escala industrial. El material obtenido, el polibutadieno, resultó ser más difícil de manipular que el hule natural, por lo que el estudio de esta polimerización no continuó hasta después de la primera guerra mundial.

La carencia de hule constituyó uno de los principales factores que llevaron a países como Alemania a ser derrotados durante la primera guerra mundial (los neumáticos de los vehículos de guerra no podían ser reparados). Dicha escasez se explica fácilmente si consideramos que las zonas más importantes de producción del elastómero se encontraban bajo el control de Inglaterra y Francia. Por ello, algunos años después, Adolfo Hitler consideró prioritario asegurar a Alemania un abasto continuo de hule. Hitler pidió a los químicos de I. G. Farben el desarrollo a cualquier precio, de un hule sintético. Este grupo de investigadores logró sintetizar un hule sintético al hacer reaccionar el isobutileno en presencia de trifluoruro de boro (catalizador). El polisobutileno resultó ser mucho más fuerte y elástico que el hule natural, pero tenía un defecto: no se podía vulcanizar. La gente de I. G. Farben se vieron obligados a abandonarlo, y retomaron en 1930 la investigación de Lebedev sobre el polibutadieno. Para ello, lograron acelerar la reacción mediante la adición de sodio como catalizador; así, se obtuvo un polímero al que llamaron Buna (Seymour, 1990: 165). Para mejorar las propiedades de este elastómero sintético añadieron al reactor otro monómero, también derivado del petróleo, el estireno:



De esta manera, efectuaron lo que actualmente se conoce como copolimerización; además, fueron capaces de sintetizar una gran gama de hules sintéticos con propiedades superiores a las del hule natural! De esta forma, el Führer obtuvo el tan deseado hule sintético: los copolímeros estireno-butadieno. La importancia de estos elastómeros es tal que actualmente el 60% de los hules utilizados en el mundo pertenecen a esta familia de polímeros.

Durante la segunda guerra mundial el bloqueo de hule natural que los aliados intentaron imponer a los nazis resultó un fracaso. Los alemanes desarrollaron procesos de obtención del butadieno a partir del carbón. Durante 1943, la producción alemana de hules estireno-butadieno fue de 100 mil toneladas, el equivalente a la produc-

ción de 40 mil árboles sembrados en 160 mil hectáreas (Mark, 1972: 129).

Después de que los japoneses invadieron el Sudeste asiático, la situación se invirtió y fueron los aliados quienes comenzaron a padecer una penuria de hule.

La situación fue tan desesperada que en 1942 el gobierno estadounidense emitió un comunicado que decía lo siguiente: "De todos los materiales críticos y estratégicos, el hule es el único que representa la mayor amenaza para la seguridad de nuestra nación y el éxito de la causa aliada [...] Si fracasamos en hallar rápidamente un nuevo abasto de hule que sea suficientemente grande, se desmoronará todo nuestro esfuerzo bélico y nuestra economía interna" (Mark, *op. cit.*: 130). Para encontrar una rápida solución al problema del hule se creó en Estados Unidos la Dirección del Hule con autoridad para pasar sobre cualquier oficina gubernamental. Las patentes alemanas de los elastómeros estireno-butadieno fueron liberadas. Con objeto de no tocar las reservas de petróleo se desarrollaron procesos de obtención del estireno y del butadieno a partir del alcohol. Este último fue obtenido mediante la fermentación de granos y de papas (ver figura 8). El programa tuvo tal éxito que en 1944 los Estados Unidos produjeron más de 700 mil toneladas de hule sintético. La guerra por la adquisición del hule había costado más de mil millones de dólares.

Los estadounidenses lograron también resolver el problema al que se enfrentó I. G. Farben al vulcanizar el polisobutileno: simplemente copolimerizaron este monómero con una pequeña cantidad de butadieno.

El triunfo final de esta guerra por el hule se alcanzó tiempo después de la derrota de los nazis, también se logró el desarrollo de procesos rentables para la síntesis de polisopreno (la macromolécula que constituye el hule natural). De hecho, las anteriores tentativas habían fracasado, pues no se había podido controlar el alineamiento de la estructura interna del polímero, es decir, la obtención de polímeros "estéreo". En 1954, Giulio Natta y Karl Ziegler descubrieron los catalizadores estereoespecíficos y los emplearon en polimerización, lo que ayudó a controlar la configuración de las macromoléculas obtenidas. Ambos científicos recibieron el premio Nobel por sus descubrimientos.

## V. Un porvenir para el hule natural

A pesar de todo, alrededor del 30% de los hules empleados en el mundo siguen siendo hule natural. Los principales productores son los países del Sudeste asiático: Malasia, Indonesia y Tailandia. Actualmente, existen 8.5 millones de hectáreas de árboles de hule que producen 5.1 millones de toneladas del elastómero (3 millones

de toneladas absorbidas por la industria de los neumáticos), lo que contribuye a la economía de 20 millones de personas (Livonnière, 1992: 66). El desarrollo de nuevas tecnologías de empleo del hule natural contribuiría al mejoramiento de las condiciones de vida de estas personas. Además, es necesario considerar la ventajas ecológicas de la utilización de este elastómero en lugar de los hules sintéticos, principalmente en el caso de países como México, que cuenta con grandes extensiones de bosque tropical. Por su origen botánico, la producción de hule natural no consume energía ni produce contaminación. La ganadería o la implantación de algunos tipos de cultivos provocan la desertificación de las selvas tropicales. La siembra del *Hevea* constituye una mejor alternativa, pues este tipo de plantaciones impiden la erosión del terreno y la desaparición de las especies silvestres.

Como ejemplo de la generación de tecnologías que permitan dar nuevos y mejores usos al hule natural mencionaremos el trabajo realizado recientemente por un grupo de químicos de la Universidad de Estrasburgo, bajo la dirección del Dr. Michael Schneider (Vázquez, 1996). Estos investigadores han desarrollado una serie de procedimientos de modificación del hule natural. Mediante técnicas de polimerización en emulsión, en las que se utiliza como medio de reacción agua en lugar de solventes agresivos con el medio ambiente, han logrado crear microsferas compuestas de polisopreno (el hule

FIGURA 7. TRABAJADORES MALAYOS OBTIENEN EL LATEX DE HULE MEDIANTE EL MÉTODO DE INCISIONES EN V (MARK, 1972).



FIGURA 8. PRODUCCIÓN DE HULE ESTIRENO-BUTADIENO A PARTIR DE MATERIAS PRIMAS COMUNES.

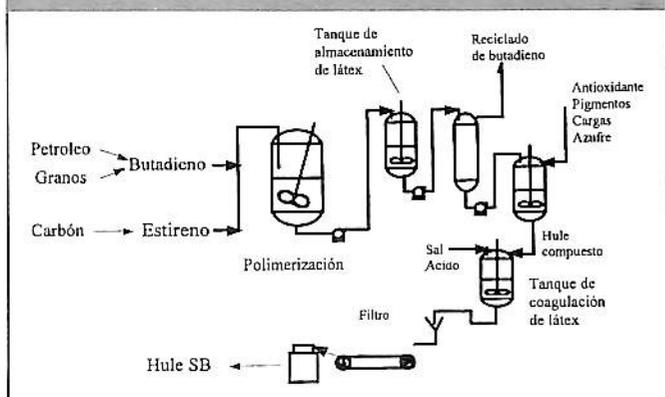
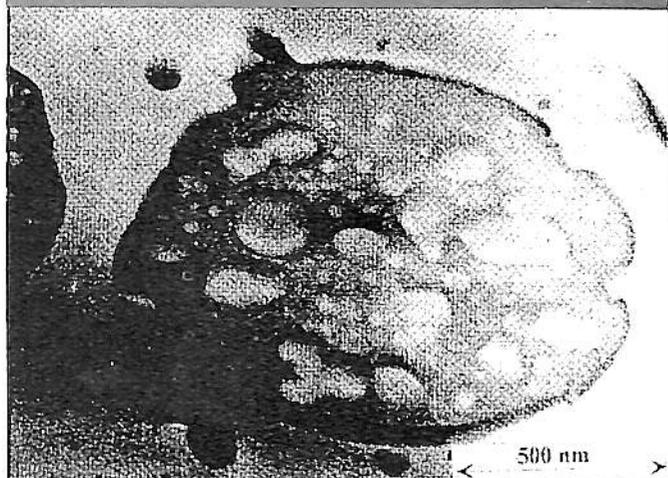


FIGURA 9. IMAGEN OBTENIDA MEDIANTE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN DE PARTÍCULAS COMPUESTAS DE HULE NATURAL E INCLUSIONES DE POLIESTIRENO (ESTRUCTURA "SALAMI").



natural) y diversos termoplásticos. Algunas de estas partículas presentan una morfología núcleo-coraza; es decir, el nódulo de hule es recubierto por una capa de un polímero rígido. Se han logrado, incluso, sintetizar partículas de tipo "salami", en las que se introducen inclusiones del segundo polímero dentro de los nódulos de hule (figura 9). Al añadirse pequeñas cantidades de estas partículas a plásticos frágiles, como el poliestireno o el polimetacrilato de metilo, se incrementa en forma muy sen-

sible su resistencia a la ruptura. En términos de la industria del plástico, las partículas compuestas de hule actúan como magníficos "modificadores de impacto". También se ha encontrado que estas partículas pueden ser utilizadas como barnices.

Otro trabajo digno de ser mencionado es el del grupo dirigido por el Dr. S. K. De, de Jaragpur, India. Estos investigadores lograron preparar una serie de polímeros reforzados mediante la mezcla de hule natural y fibras de yute. El uso de diferentes procedimientos de mezclado y la introducción de la fibra natural a determinadas concentraciones permite un buen control de las propiedades reológicas y mecánicas de los materiales obtenidos (Murty, 1985). Compuestos similares a los anteriores podrían desarrollarse en México si se substituye el yute por fibras de henequén, lechuguilla o ixtle.

Los trabajos anteriores son un ejemplo de la posibilidad de desarrollar nuevos compuestos con mejores propiedades a partir de materiales naturales sin que se tenga que agredir al medio ambiente.

## Conclusiones

El hule fue el primer elastómero descubierto por la humanidad. Para los indígenas americanos, este material tuvo una gran importancia religiosa, pues fue asociado especialmente al culto solar dentro del ritual del juego de pelota. Los antiguos americanos también desarrollaron las primeras técnicas para su extracción y le dieron aplicaciones prácticas, como la impermeabilización de textiles y la confección de objetos moldeados.

El hule se convirtió en un material indispensable dentro del mundo industrializado. El hallazgo del procedimiento de vulcanización permitió su utilización a gran escala. Por otra parte, los intentos por elucidar la estructura del hule y la necesidad de preparar elastómeros substitutos impulsaron el nacimiento de la ciencia de los polímeros. 🏠



## BIBLIOGRAFÍA

- Curchod, J.; Hygounenc, P.; Schill, Ph.; Vairon, J. (1982). "Synthèse, propriétés et mise en oeuvre des elastomères", en *Initiation à la Chimie et à la Physico-chimie macromoléculaire*. V. 4, GFP. Grenoble, France.
- Freidel, D.; Schele, L. and Parker, J. (1993). *Maya Cosmos*. William Morrow, New York.
- INAH. (1986). *El juego de pelota*. INAH, México.
- Kovuttikulrangsie, S. (1995). *Rapport EAHP*. Université de Strasbourg. Estrasburgo, Francia.
- Livonnière, H. de. (1992). *Caoutchoucs et Plastiques*. 719.
- Mark, H. (1972). *Moléculas Gigantes*. Time-Life, México.
- Murty, V.; Gupta, B. and De S. K. (1985). *Plast. Rub. Proc. Appl.* 5, 4.
- Ortiz, P. y Rodríguez, M. (1994). "Los espacios sagrados olmecas: El Mamatí, un caso especial", en *Los olmecas en Mesoamérica*. Clark, J. (ed). Citibank, México. pp. 69-91.
- Salagún, B. de. (1979). *Historia general de las cosas de la Nueva España*. Porrúa, México. II, 25.
- Seymour, R. (1990). *Giant Molecules*. SPE, New York.
- Vázquez, F.; Schneider, M.; Pith, T. & Lambla, M. (1996). *Polymer International*. 41, 1.