

# Tratamiento por irradiación del látex de caucho natural

*Obtenida nueva tecnología mediante un programa regional del OIEA para la región del Asia sudoriental y el Pacífico*

por K. Makuuchi  
y V. Markovic

En los últimos cinco años se han logrado progresos significativos en la obtención de un nuevo material de caucho mediante la tecnología de las radiaciones, la cual reporta grandes beneficios a las industrias del Asia sudoriental y el Pacífico. Detrás de esta innovación está el ímpetu que han imprimido las actividades coordinadas de investigación desarrolladas en virtud de un programa internacional del OIEA y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) conocido como Acuerdo de Cooperación Regional (ACR).

La tecnología, denominada vulcanización por irradiación del látex de caucho natural, o RVNRL, se basa en el uso de rayos gamma de alta energía (también pueden utilizarse haces de electrones) para iniciar la vulcanización, proceso mediante el cual se unen químicamente las moléculas para dar elasticidad y resistencia al caucho. Como en el caso de otros tratamientos industriales por irradiación, los productos no son radiactivos.

En la RVNRL, la energía de las radiaciones sustituye el proceso basado en el uso de azufre y produce un material que conserva todas las propiedades del producto convencional. También tiene algunas otras cualidades notables: ausencia de nitrosoaminas carcinógenas; citotoxicidad extremadamente baja; ausencia de azufre y óxido de cinc; y elevada transparencia y suavidad.

Estas propiedades son importantes en el caso de muchos productos, en especial catéteres, guantes protectores y otros suministros médicos y para hospitales. Para tales usos los productos deben estar libres de sustancias contaminantes y de componentes tóxicos o carcinógenos a fin de evitar los efectos nocivos en las personas. A medida que los requisitos de seguridad para estos productos se hagan más estrictos, la RVNRL podrá ser un sustituto técnica y económicamente viable del proceso de vulcanización que se realiza en la actualidad.

## Cooperación regional

La posibilidad de usar las radiaciones para vulcanizar el látex de caucho natural tuvo una pronta aceptación. En los años cincuenta fue objeto de estudio en varios países, incluidos el Reino Unido, el Japón, Francia, la URSS, Polonia, la India e Indonesia. Al mismo tiempo, la radioreticulación se comenzó a aplicar con éxito en la industria de alambres y cables, entre otras. La industria estuvo dispuesta a aplicar la tecnología de las radiaciones siempre que pudiera producir un artículo de calidad superior a un costo aceptable.

Con todo, la arrancada de la RVNRL no ha sido rápida, pese a que desde hace tiempo se conocen los elementos del tratamiento. Los productos finales eran al menos tan buenos como los convencionales, pero los aspectos económicos del proceso no constituían incentivo suficiente para invertir en la nueva tecnología.

El interés en esta tecnología volvió a manifestarse en 1982, a raíz de la puesta en marcha de un proyecto regional OIEA/PNUD sobre las aplicaciones de los isótopos y las radiaciones en la industria. El uso de las radiaciones para vulcanizar el látex de caucho natural fue parte del programa desde sus inicios, y esto por dos razones fundamentales:

- la región es la principal productora mundial del látex de caucho natural en bruto;
- los países de la región han aplicado una política de desarrollo en virtud de la cual exportan productos elaborados o semielaborados y no solamente materias primas.

Hoy por hoy, el costo de las fuentes de radiación y del tratamiento por irradiación ha disminuido significativamente en comparación con el de hace 20 ó 30 años atrás. Las tecnologías de las radiaciones están bien establecidas en varias industrias; por ejemplo, para la esterilización de productos médicos, la reticulación, o la curación por irradiación.

Además, varios países de la región tienen grandes posibilidades para la investigación de la tecnología de producción del látex de caucho natural; sólo que carecen de la tecnología de radiación.

En el proyecto de cooperación regional se aunarón las capacidades individuales con la espe-

El Sr. Makuuchi trabaja en el Establecimiento Takasaki de Investigaciones sobre Química de las Radiaciones del Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica y el Sr. Markovic es funcionario de la División de Ciencias Físicas y Químicas del OIEA.



Los globos de juguete son uno de los productos del caucho producidos experimentalmente en Tailandia mediante la tecnología de la vulcanización por irradiación. (Cortesía de AECL)

ranza, en primer lugar, de que ello repercutiera provechosamente en el desarrollo de la tecnología y, en segundo lugar, de que ésta se aplicara ulteriormente en la industria.

### Desarrollo de la tecnología

En 1983 se instaló una planta piloto de RVNRL en el Centro para la Aplicación de Isótopos y Radiaciones (CAIR) del Organismo Nacional de Energía Atómica, en Yakarta, Indonesia. Durante el período 1983-1986, la planta se utilizó para capacitar a los investigadores del caucho y hacer demostraciones a la industria de los elementos básicos de la tecnología.

Tras esa fase inicial, en 1986, el OIEA emprendió un amplio programa de desarrollo de la tecnología, cuyos objetivos principales eran reducir el costo de la irradiación y mejorar la calidad de los productos finales. Esta labor de investigación y desarrollo (I + D) fue coordinada por el Establecimiento Takasaki de Investigaciones sobre Química de las Radiaciones del Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica. Participaron en el programa grupos de investigación de China, Indonesia, Malasia, Sri Lanka y Tailandia y parte de éste se llevó a cabo en instituciones nacionales de esos países y en los laboratorios del Esta-

blecimiento con investigadores de los mismos países. La evolución del programa se siguió mediante reuniones periódicas de los científicos participantes.

Los primeros trabajos relacionados con la RVNRL, realizados en el decenio de 1950, se basaron en el uso de tetracloruro de carbono como sensibilizador a las radiaciones. El proceso funcionó, pero tenía dos serias desventajas: 1) el alto costo de la irradiación (era preciso utilizar dosis absorbidas del orden de los 40 kilogray (kGy), lo que reduce la eficacia de las radiaciones y, por consiguiente, aumenta el costo); y 2) la toxicidad del sensibilizador a las radiaciones, que forzosamente permanece como aditivo en el producto final.

De manera análoga, el tratamiento convencional actual con azufre origina residuos de ditiocarbonato, aditivo tóxico y potencialmente nocivo. Cada vez se reconoce más el peligro que representa la citotoxicidad y la presencia de nitrosoaminas en los productos de látex de caucho natural. En varios países se han adoptado reglamentos estrictos contra la presencia de estas sustancias en ciertas categorías de productos, sobre todo, en dispositivos médicos y productos utilizados por párvulos, como chupetes y mamaderas. También preocupa la presencia de nitrosoaminas en el lugar de fabricación, donde son un peligro potencial para la salud de los trabajadores.

La innovación principal y más importante lo-



### Látex de caucho natural

El látex de caucho natural es una importante materia prima utilizada en la fabricación de productos médicos y de varios artículos para la industria y el hogar. Se extrae del árbol *Hevea Brasiliensis* de la familia de las euforbiáceas. Como indica su nombre, el árbol es originario de los bosques del Brasil, aunque fue trasplantado con éxito en el Asia sudoriental y en algunas partes de África. En sólo dos países, Malasia e Indonesia, se produce cerca del 85% del volumen total mundial del látex de caucho natural, o cerca de medio millón de toneladas de peso seco.

El látex de caucho natural se recoge en los campos, y luego se concentra, estabiliza y envía a las industrias para su elaboración mediante la vulcanización, proceso en que las moléculas orgánicas se unen químicamente para producir una estructura entrecruzada, parecida al caucho, la que se moldea después para obtener el producto final mediante distintas técnicas. Una de las técnicas más comunes es la del «baño», en la cual el látex se adhiere al molde y luego de se-

carse a altas temperaturas, mantiene la forma deseada y su elasticidad a temperatura ambiente. A temperaturas elevadas, el material se desintegra, y a temperaturas muy bajas se torna quebradizo.

Los productos elaborados mediante la técnica del «baño» consumen un 70% de todo el látex de caucho natural que se produce y la mayor cantidad se utiliza para fabricar guantes (quirúrgicos, de uso doméstico y de otros tipos); globos de juguete para niños, condones, catéteres y otros productos que deben cumplir estrictas normas de higiene. El artículo que más se produce a partir del látex de caucho natural son los guantes de reconocimiento médico: cerca de 12 000 millones de pares de guantes se producen anualmente. El creciente interés por la seguridad de los trabajadores de la medicina y de los pacientes ha propiciado la expansión del mercado de estos guantes y se espera que la demanda aumente considerablemente en los países en desarrollo.

grada mediante el programa regional fue el descubrimiento de un nuevo sensibilizador a las radiaciones: el acrilato n-butílico (NBA). Este aditivo, utilizado en pequeñas cantidades (unas 5 partes por 100), redujo la dosis absorbida necesaria de entre 30 y 40 kGy a cerca de 12 kGy y tuvo un evidente impacto económico en el tratamiento.

Por otra parte, mediante un análisis de las propiedades del material de base se determinó el látex más adecuado para este proceso. Las investiga-

ciones demostraron también que algunos elementos, como el calor y la lixiviación controlados, mejoraban aún más las propiedades del producto final.

Tal como se preveía, en el análisis de los productos hechos mediante la RVNRL no se detectó la presencia de nitrosoaminas y se comprobó que la citotoxicidad fue extremadamente baja. Los productos no contienen azufre ni óxido de cinc lo que es importante en los casos en que la presencia



de azufre no permite la evacuación ulterior del producto por incineración.

### Aplicaciones de la RVNRL

Evidentemente, los productos de caucho para usos médicos e higiénicos son las aplicaciones de la tecnología de la RVNRL más prometedoras, dada la ausencia de sustancias carcinógenas y tóxicas. La tecnología de las radiaciones puede satisfacer fácilmente estos requisitos esenciales, cosa que hasta ahora no hace ninguna otra. En el marco del programa de desarrollo de la tecnología se están realizando producciones experimentales de diversos artículos, como condones, guantes, chupetes, mamaderas y globos de juguete, en varios centros que participan en el programa. La producción experimental de condones y guantes para reconocimiento médico se realiza en Indonesia y los productos se prueban ampliamente sobre el terreno.

En Tailandia, la Oficina de Usos Pacíficos de la Energía Atómica ha puesto en marcha un proyecto de cooperación con un fabricante local para la producción experimental de globos de juguete utilizando la tecnología de la RVNRL. El látex de caucho natural se prepara en el Centro de Irradiación de Tailandia, en Bangkok.

Se han diseñado irradiadores de bajo costo a los fines específicos de la vulcanización y se han definido los principales parámetros para calcular los costos de producción y realizar estudios de viabilidad.

Sin embargo, hasta ahora el proceso no se ha implantado en gran escala, en parte porque la industria aún no se ha familiarizado con esta nueva tecnología y porque los reglamentos vigentes en muchos países todavía no establecen normas es-

trictas de salud y seguridad para algunos productos muy importantes del látex. En el Japón se han desarrollado dos aplicaciones comerciales, a saber, los guantes protectores para trabajos con materiales radiactivos y los receptáculos de caucho utilizados en la endoscopia con láser óptico.

### Actividades de transferencia de tecnología

La transferencia de la tecnología de la RVNRL a la industria se realiza por conducto del proyecto regional.

Entre las actividades conexas figura un simposio internacional celebrado en 1989 en Tokio y Takasaki, bajo los auspicios del Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica en cooperación con el OIEA, en que unos 60 participantes de 15 países examinaron la situación de la tecnología. (Las actas del simposio fueron publicadas por el Instituto en el Japón). También se celebran seminarios y cursos de capacitación regionales y nacionales organizados por el OIEA para promover el intercambio de información y la transferencia de tecnología.

Las actividades futuras se centrarán en aspectos técnicos del proceso de RVNRL y en investigaciones fundamentales.

Lo que ya ha quedado demostrado es que la tecnología es inocua y que con su aplicación se reducen al mínimo los daños al medio ambiente; además, es aceptable desde el punto de vista económico cuando se aplica en condiciones de alta capacidad. También es particularmente apropiada en el caso de contratos de servicio en que se prevé la utilización por varios fabricantes pequeños de un irradiador de gran tamaño.

Una de las actividades regionales que desarrolla el OIEA en el Asia sudoriental son los cursos de capacitación con demostraciones de la tecnología de la vulcanización por irradiación. En la foto se muestra una de las actividades del curso celebrado en Yakarta.

