

REVISTA

# SLTCAUCHO

---

# EDICIÓN COLOMBIA

Industria y tecnología en América Latina



Institución Universitaria

Acreditada en Alta Calidad

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

# Índice 2020

---

## 5

### EDITORIAL



---

## 6

### CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Presentación de la línea de investigación en  
Manufactura Sostenible (MS)



---

## 8

### AGRO

8| Voluntad, conocimiento y confianza: La clave para la  
alianza Universidad - Empresa - Estado

10| Fortalecer el agro y la industria, una prioridad del  
sector cauchero



---

## 12

### NUEVAS TENDENCIAS

Nuevos materiales a partir del caucho natural  
Leyla Jaramillo - Juan Posada - William Urrego



---

## 15

### SOSTENIBILIDAD

La alúmina, una carga prometedora en los cauchos  
Juan Posada





**Sociedad Latinoamericana de Tecnología del Caucho - SLTC**

**Edición Colombia**

**Línea de Investigación Manufactura Sostenible**

**Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM**

## Créditos

JUAN GUILLERMO PÉREZ ROJAS

Rector  
Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)

VICTOR DVOSKIN

Director  
Sociedad Latinoamericana de la Tecnología del Caucho

DECANATURA FACULTAD CIENCIAS  
ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Directora Fondo Editorial ITM  
Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)

JUAN CARLOS POSADA CORREA

Líder Línea de Investigación Manufactura Avanzada  
Instituto Tecnológico Metropolitano

JHORMAN MENA LEDEZMA

Diseño Gráfico Editorial

Instituto Tecnológico Metropolitano -- ITM  
Calle 73 No. 76A - 354 Medellín - Colombia  
Teléfono: +574 440 5100

## Comité Editorial

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN  
MANUFACTURA SOSTENIBLE

Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)

VICTOR DVOSKIN

Director  
Sociedad Latinoamericana de la Tecnología del Caucho

## Coordinación

DECANATURA FACULTAD CIENCIAS  
ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)

JEFATURA FACULTAD CIENCIAS

ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)



# EDITORIAL

## REVISTA SLTCAUCHO - COLOMBIA

*La creciente necesidad de distintos sectores productores, transformadores y comercializadores de la ciudad de Medellín de mejorar sus procesos productivos, captó la atención de un grupo de investigadores pertenecientes al Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, en la ciudad de Medellín que, en el año 2013, dieron comienzo a la línea de investigación en Transformación Avanzada de Materiales (TAM). Desde sus inicios, su quehacer investigativo se centró en la ejecución de proyectos que dieran respuesta a problemáticas relacionadas con el procesamiento, diseño y simulación de procesamiento de materiales, enmarcada en el contexto integral de la manufactura. Comenzó fortaleciéndose con el desarrollo tecnológico referido a la caracterización, modelación y simulación de procesos de transformación de caucho natural y sintético; y hoy en día, su experiencia y reconocimiento en la ciudad han permitido que sus proyectos trasciendan a diferentes áreas del conocimiento.*

*En el año 2018, la línea TAM cambió su denominación a Línea de Investigación de Manufactura Sostenible (MS) con el fin de reflejar de manera precisa los aspectos más relevantes de sus temáticas de trabajo, entre los que se incluyen procesos de transferencia tecnológica, y colaboración*

*con los aliados estratégicos de carácter público y privado, y las tendencias actuales y futuras de los ejes temáticos impulsados por las nuevas tendencias globales del desarrollo sostenible. Actualmente, está integrada por cinco investigadores principales, cuatro investigadores de apoyo, y diez estudiantes del semillero de investigación que lleva su mismo nombre: Semillero de Investigación en Manufactura Sostenible.*

### **JUAN CARLOS POSADA CORREA**

*Líder de línea de investigación en Manufactura Sostenible  
Instituto tecnológico Metropolitano ITM  
Medellín - Colombia*





# Presentación de la línea de investigación en Manufactura Sostenible (MS)

## Introducción

La creciente necesidad de distintos sectores productores, transformadores y comercializadores de la ciudad de Medellín de mejorar sus procesos productivos, captó la atención de un grupo de investigadores pertenecientes al Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, en la ciudad de Medellín que, en el año 2013, dieron comienzo a la línea de investigación en Transformación Avanzada de Materiales (TAM). Desde sus inicios, su quehacer investigativo se centró en la ejecución de proyectos que dieran respuesta a problemáticas relacionadas con el procesamiento, diseño y simulación de procesamiento de materiales, enmarcada en el contexto integral de la manufactura. Comenzó fortaleciéndose con el desarrollo tecnológico referido a la caracterización, modelación y simulación de procesos de transformación de caucho natural y sintético; y hoy en día, su experiencia y reconocimiento en la ciudad han permitido que sus proyectos trasciendan a diferentes áreas del conocimiento.



En el año 2018, la línea TAM cambió su denominación a Línea de Investigación de Manufactura Sostenible (MS) con el fin de reflejar de manera precisa los aspectos más relevantes de sus temáticas de trabajo, entre los que se incluyen procesos de transferencia tecnológica, y colaboración con los aliados estratégicos de carácter público y privado, y las tendencias actuales y futuras de los ejes temáticos impulsados por las nuevas tendencias globales del desarrollo sostenible. Actualmente, está integrada por cinco investigadores principales, cuatro investigadores de apoyo, y diez estudiantes del semillero de investigación que lleva su mismo nombre: Semillero de Investigación en Manufactura Sostenible.

## Procesamiento y desarrollo de nuevos materiales

La línea MS ha trabajado en la caracterización físico-química, mecánica y reológica de compuestos de caucho y residuos posindustriales provenientes de la producción de cuero, así como en la evaluación de materiales inorgánicos nano-estructurados empleados como soportes catalíticos en la producción de polietileno. Actualmente, se encuentran estudiando la sustitución de compuestos tóxicos presentes en algunos polímeros retardantes a la llama.

Así, la línea de investigación en Manufactura Sostenible ha dado desarrollo a múltiples proyectos y artículos de investigación con base en el desarrollo de nuevos materiales, su procesamiento, su cadena logística y por último su disposición, disminuyendo sus efectos negativos en el entorno que le rodea.

## Productividad sostenible

El diagnóstico energético del sector de reciclaje de materiales poliméricos en el Valle de Aburrá, y el aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de materiales cementantes suplementarios y su incorporación a la cadena productiva del concreto, son algunos de los proyectos que se vienen adelantando desde la línea. Este último, está en su etapa inicial, y permitió vincular a diferentes instituciones reconocidas de la ciudad de Medellín, como son ITM, Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) y Universidad de Antioquia (UdeA) con la empresa Cementos ARGOS, bajo un modelo de trabajo colaborativo Universidad – Empresa – Estado. Otro proyecto que se encuentra en su fase inicial, es la valorización de residuos agroindustriales de alta generación como carga reforzante en compuestos de matriz poliméricas, el cual se llevará a cabo en colaboración con el Tecnológico de Antioquia (TdeA).





## Diseño de productos a partir de nuevos materiales

Desde este eje temático se destacan algunos proyectos como la evaluación del grado de refuerzo en un caucho natural colombiano al adicionar cargas oscuras y claras obtenidas a partir de desechos de llantas y de cascarilla de arroz, proyecto ejecutado también en colaboración con UPB y con la empresa privada PROANTEX. Otro trabajo destacado es el escalado industrial de vasos fabricados a partir del residuo posindustrial de cascarilla de café, en colaboración con la empresa COLCAFÉ perteneciente al Grupo Empresarial NUTRESA.

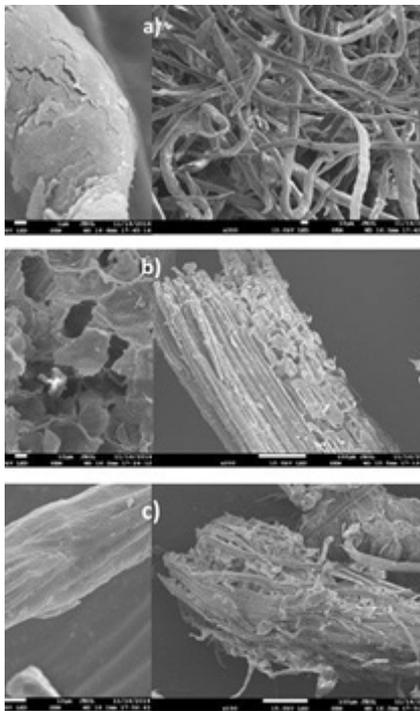


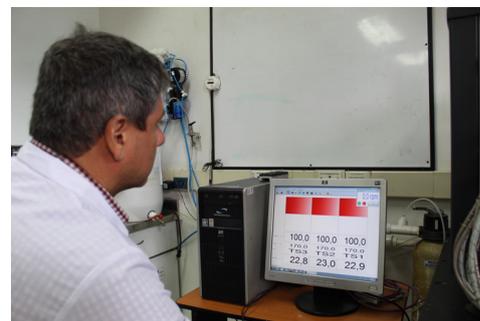
FIGURA Fibras de material orgánico deslignificado en matriz termoplástica poliolféfica.

## Simulación y control de procesos de manufactura de materiales

Dentro de estos proyectos se incluyen la evaluación de tensiones internas en piezas plásticas inyectadas, que se ejecutó conjuntamente con la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), sede Medellín, y el escalado industrial de distintos productos a partir de residuo posindustrial de cascarilla de café que se está trabajando estrechamente

con COLCAFÉ.

De estos ejes se desprenden múltiples proyectos y productos de divulgación de carácter técnico y científico, que cubren el espectro que va desde la investigación básica hasta la transferencia tecnológica, dando como resultado artículos científicos de alto impacto en revistas indexadas, así como el registro de cinco patentes (dos de invención y tres de modelos de utilidad). Una de las patentes de invención ya fue otorgada por la Superintendencia de Industria y Comercio, titulada: "Material compuesto de celulosa obtenida a partir de cascarilla de café y proceso de obtención", convirtiéndose en la primera patente de invención recibida por el ITM.



La línea de investigación cuenta además con el apoyo de diferentes organizaciones de carácter nacional e internacional, como la Confederación Cauchera Colombiana, el centro de investigación CENICAUCHO y la Sociedad Latinoamericana de Tecnología del Caucho (SLTC). Con esta última, se viene realizando desde el año 2016, y de forma bianual, el Simposio Internacional de

Tecnología del Caucho, donde se reúnen empresarios, investigadores, estudiantes y expertos de talla internacional en torno a discusiones sobre el proceso de mezclado del caucho y sus principales tendencias tecnológicas. Estos eventos han posicionado a la Línea de Investigación en Manufactura Sostenible como un referente a nivel nacional e internacional, y actualmente se viene gestando la tercera versión para el año 2020.



Instituto Tecnológico Metropolitano. Equipos de procesamiento, análisis y caracterización de materiales. Adscritos al centro de laboratorios Parque I.

## VOLUNTAD, CONOCIMIENTO Y CONFIANZA LA CLAVE PARA LA ALIANZA UNIVERSIDAD - EMPRESA - ESTADO

*Este artículo es parte de la entrevista Ingeniero Fernando García Rubio. Director Ejecutivo de Cenicaucho*

Fernando García Rubio, Director Ejecutivo de la Corporación Centro Nacional de Investigación del Caucho Natural –Cenicaucho- es Ingeniero forestal, especialista en Producción, transformación y mercado de maderas. Trabajó durante 18 años en Corpoica ahora Agrosavia y fue Subgerente de Operaciones de una empresa forestal americana en la Costa Atlántica. Desde hace tres años está al frente de la dirección ejecutiva de Cenicaucho. El Instituto Tecnológico de Medellín –ITM- habló con él sobre el Centro de investigación y su labor en el sector del caucho.

### ITM: ¿Qué es la Corporación Centro Nacional de Investigación del Caucho Natural –CENICAUCHO?

F.G: Es una Corporación de investigación adscrita a la Confederación Cauchera Colombiana. Hace parte de los nueve centros de investigación agrícola en Colombia adscritos a gremios y funciona desde hace seis años. Nace por la necesidad reiterativa de resolver dificultades de tipo técnico y tecnológico para la innovación para el gremio. El sector cauchero decide que es necesario crear un centro de investigación que se dirija al gremio en todos los eslabones de la cadena y poder contar con el apoyo de técnicos especializados en las diferentes áreas, resolver algunas de las inquietudes tecnológicas del productor y tener una visión que lo enlace con la academia y con los demás sectores de tecnología del país. CENICAUCHO y los Centros de Investigación adscritos a gremios son una dinámica que sólo se da en Colombia y ha sido de interés como modelo para otros países. Hace poco nos invitaron a exponer la estrategia en Brasil y les pareció muy novedosa una corporación que se dedique exclusivamente a la investigación y la innovación para un gremio. Nosotros respondemos a las inquietudes de investigación, desarrollo e innovación, obviamente no solos, sino con aliados en la investigación, la academia, las or-

ganizaciones de base. Tenemos la sede administrativa en Bogotá, ensayos en las regiones y un Plan estratégico con metas de 2016 -2026 con algunos aspectos técnicos, alianzas y consecución de recursos.



### ITM: ¿Cómo se financia CENICAUCHO?

F.G: Como todas las entidades de investigación del país buscamos recursos a través de proyectos. Nosotros tenemos dos líneas de financiación: una línea que es mediante las convocatorias de proyectos a nivel nacional e internacional, y la otra a través de nuestra línea de servicios donde con la experiencia de nuestro personal hacemos trabajo de consultoría, asesoría y sinergias; ese recurso lo utilizamos para la investigación y los trabajos que hacemos en región. El gremio como tal tiene un fondo de fomento cauchero que es un impuesto que se ha designado a la producción de caucho del país y se recauda anualmente. La idea es que cuando crezca sea una fuente de financiación para los proyectos de investigación. Por el momento no es una fuente de financiación real, todavía es muy pequeño y se utiliza para cosas muy puntuales, pero seguramente va a ser una fuente importante de recursos. Por el momento la fuente de financiación es por proyectos en región, convocatorias y nuestra línea de servicios.

### ITM: ¿El Centro de Investigación del Caucho cuenta con algún tipo de financiación estatal?

F.G: Apoyo estatal no tenemos. Hacemos alianzas con instituciones del

Estado, pero éstas son más de cooperación técnica que de compartir presupuesto. Tenemos alianzas con el Sena, Agrosavia, con universidades públicas, pero más de cooperación técnica, no se comparten recursos.

### ITM: ¿Cuál es el procedimiento para establecer alianzas con los sectores académicos y empresariales?

F.G: Hay dos esquemas de alianzas. Hay una estrategia que para nosotros es súper estratégica y es la academia y las instituciones de educación formal o no formal, no sólo las universidades privadas o públicas, sino también el Sena, las instituciones de educación media no formal que a veces tienen cursos particulares en algunas de las labores que el gremio requiere en los sectores o en agroindustria y allí es donde hemos enfocado nuestro primer gran paso hacia la formalización de algunas labores que se hacen en el sector. El caucho requiere de algunas capacitaciones muy específicas pero queremos que esas capacitaciones sean certificadas por entidades de educación y avaladas por el Ministerio de Educación y que el operario, el técnico, el profesional llegue a su casa con un diploma o una certificación real. Cenicaucho no es una institución de educación, entonces no podemos certificar, tenemos el conocimiento pero lo compartimos con estas instituciones y lo que hacemos es que ellos avalan y certifican la capacitación.

La otra línea de alianzas es por demanda. Existen proyectos donde nosotros tenemos fortalezas y debilidades y buscamos aliados que tengan fortalezas donde nosotros tenemos debilidades, a unamos esfuerzos y hacemos trabajos conjuntos de impacto. Hemos tenido alianzas con instituciones nacionales e internacionales, tenemos alianzas con agentes que trabajan con todo el tema del posconflicto. En la medida en que crecemos hemos encontrado esos proyectos que requieren de conocimientos particulares. En nuestra institución buscamos alianzas con instituciones de educación, centros de investigación y pares científicos.



## **ITM: Luego de la firma de los acuerdos de paz, hay una gran cantidad de personas desmovilizadas que deben integrarse a los sectores de la economía ¿Cuáles son las estrategias para vincular los agentes del posconflicto al sector cauchero?**

F.G: Nosotros tenemos una gran demanda de mano de obra en nuestros cultivos. El caucho genera aproximadamente un empleo directo por cada siete hectáreas, estamos llegando a las 70 mil hectáreas y vamos a necesitar una gran cantidad de mano de obra que a veces en las regiones no podemos encontrar. Esta mano de obra es en realidad calificada, no todos son profesionales pero sí necesitamos operarios calificados para algunas de las labores y hemos encontrado en la Agencia Nacional para la Reincorporación un nicho de mano de obra bastante importante y con una necesidad de aportar laboralmente al país. Entonces lo que hemos hecho con el Sena algunas universidades es generar un tema de información y capacitación en particular para el sector cauchero, certificarlos y que ellos entren a ser parte de la fuerza laboral para el gremio en las diferentes regiones. Con la Agencia Nacional para la Reincorporación venimos trabajando un tema de formación de personal en proceso de reincorporación para temas de aprovechamiento y beneficio de plantaciones de caucho y mantenimiento en sectores del caucho con el Sena; en el tema de operación y capacitación con la educación media y, con la Universidad Nacional de Colombia, en el tema de profesionales de más alto nivel. Con la Universidad Nacional estamos apoyando una maestría y un doctorado de ciencias agrarias con énfasis en caucho y dando apoyo en pregrado.

El caucho ha estado vinculado a las zonas de conflicto y estaremos en zonas de posconflicto. Estamos en 18 departamentos, las zonas amazónicas de Caquetá y Guaviare, los departamentos de Cesar, Bolívar, Córdoba, Antioquia, Tolima, Caldas, Llanos Orientales, Casanare, Vichada, Meta, Cundinamarca, los dos Santanderes, Chocó. Creo que sólo nos queda faltando Valle del Cauca, Huila, Cauca y algunos departamentos de la Costa norte. Hay más de ocho

mil familias de pequeños productores en su mayoría, unos pocos medianos y otros pocos grandes. La mayoría de los productores están en una asociación de productores y esa asociación está afiliada a la Cooperación Cauchera Colombiana.

## **ITM: En Colombia existen diversos cultivos de caucho. ¿Hay algún proyecto de CENICAUCHO para la tipificación de esta materia prima?**

F.G: El caucho inició en Colombia con una estrategia de fomento del Incora y el Plan de Desarrollo Rural y esto hizo que se distribuyera mucho material vegetal sin tener la certeza de qué tipo de material era. Ahora que los cultivos han tenido cierta mejora, cierta disciplina en su cultivo y desarrollo, ya hay diferencias pero contamos con muchas plantaciones que son policlonales. En ese sentido hemos enfocado nuestro ejercicio a caracterizar qué tipo de producción es, si es policlonal o no, si es una zona muy húmeda o seca, si está en una zona donde es importante producir látex o caucho seco. Estamos caracterizando las regiones en su potencial de producción versus la oferta que está enfrentando, y eso nos permite detallar cuáles son los puntos en los que estamos fallando como productores, como institucionalidad, para mejorar en un tema de costos de producción y poder dar alternativas novedosas y de fortaleza para que al final del ejercicio su rentabilidad sea la mejor.

## **ITM: ¿Cuáles son los proyectos más importantes que adelantan y en qué áreas?**

F.G: En este momento tenemos dos proyectos bastante interesantes, uno que se viene desarrollando en alianza con Agrosavia. Hace unos cuatro años Cenicaucho ha sido pionero en Colombia por caracterizar y monitorear la chinche de encaje que es un insecto que en Brasil ha causado bastantes daños y que ya está en Colombia. Un investigador nuestro, Andrés Peraza, un entomólogo, se tomó la tarea de hacer su tesis de maestría para caracterizar un modelo de dispersión y la caracterización de la chinche de encaje y, en una segunda fase con Agrosavia, vamos a hacer una caracterización nacional de la

influencia de insecto, además de caracterizar las nuevas plagas emergentes no tradicionales en caucho. Hay algunas plagas propias del caucho pero como hemos crecido en áreas y sectores, nos han llegado algunas plagas nuevas y debemos buscar alternativas para este manejo.

El otro tema que es bien importante es la caracterización, el manejo y la producción de plantaciones del caucho. En eso hemos estandarizado una metodología para establecer una serie de mediciones y controles que permitan monitorear la producción, cómo se está haciendo y en qué sentido podría mejorar, tanto en el manejo agronómico como en el manejo de beneficio industrial para tener mayor producción, más eficiencia en temas de mano de obra, en costos y una comercialización diferenciada o con mejores precios. Esos son los dos pilares que tenemos sin dejar de lado otros que son interesantes como el tema de nutrición del caucho.

## **ITM: ¿Qué clase de asesoría brindan a las plantaciones en la comercialización del caucho?**

F.G: Frecuentemente hacemos recorrido por las regiones. Se cuenta con investigadores de alto nivel que aportan con su experiencia y sabiduría mucho al que hacer de Cenicaucho teniendo en cuenta a la industria, un eslabón que por lo general no es tenido en cuenta en las cadenas de valor; desde este enfoque hemos empezado a realizar una dinámica muy interesante donde primero conocemos en la región qué están haciendo, cómo lo están haciendo y después analizamos con el equipo de trabajo cuáles son los cambios que debería realizar el productor para mejorar y lograr óptimos precios con productos diferenciados, sin mayores esfuerzos e inversiones. Creo que ahí está el éxito de este trabajo y lo estamos haciendo para el Bajo Cauca antioqueño, el Tolima y lo vamos a hacer con Caquetá, para que el productor mejore su producción y también la calidad de la misma. Eso lo va a colocar en una posición que le permita comercializar su producto a un mejor precio.



# FORTALECER EL AGRO Y LA INDUSTRIA, UNA PRIORIDAD DEL SECTOR CAUCHERO

Segunda Parte Entrevista:  
Ingeniero Fernando García Rubio.  
Director Ejecutivo de Cenicaucho

Fernando García Rubio, Director Ejecutivo de la Corporación Centro Nacional de Investigación del Caucho Natural –Cenicaucho– es Ingeniero forestal, especialista en Producción, transformación y mercado de maderas. Trabajó durante 18 años en Corpoica ahora Agrosavia y fue Subgerente de Operaciones de una empresa forestal americana en la Costa Atlántica. Desde hace tres años está al frente de la dirección ejecutiva de Cenicaucho. El Instituto Tecnológico de Medellín –ITM– habló con él sobre el Centro de investigación y su labor en el sector del caucho. En esta entrega publicamos la segunda parte de su entrevista.

## ITM: ¿Cuáles son las profesiones que requiere el sector del caucho para la investigación?

F.G: En los últimos tiempos he estado en dos facultades que tienen ingeniería forestal y uno quisiera que la ingeniería forestal fuera la que tuviera el estándar, el manejo del caucho en Colombia. Resulta que estas facultades han dejado de lado al caucho y se han enfocado en otros temas, curiosamente; son los ingenieros agrónomos los que han acogido al caucho como un tema agrícola y no tanto forestal; el agrónomo está manejando gran parte de cultivo. También está el ingeniero ambiental porque el productor hace manejo del látex o de caucho seco y algunas veces requiere del manejo de buenas prácticas agrícolas. Está el Ingeniero Químico porque el látex es un químico, pero vamos a necesitar el entomólogo, incluso en los proyectos que tienen que ver con

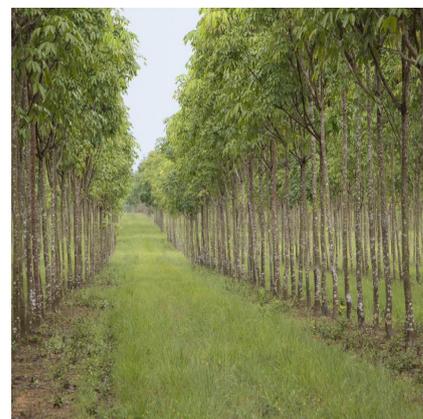
las comunidades incorporamos una profesión que en el agro no se ve pero que a nosotros nos ha dado un éxito impresionante, y es la sicología, el trabajo social. Nos acompañamos de una sicóloga y vamos a las fincas, ella nos permita abrir las puertas, la confianza con el productor. Uno como técnico va siempre a tomar las fotos, a hablar de lo mismo, pero no se involucra en la dinámica social de la familia. La compañía de la sicóloga nos permite conocer quién es el que manda en la casa, quién toma las decisiones, si el productor es responsable o no, si le puede o no dejar tareas, entonces la sicóloga nos da una visión diferente de la casa del productor y nos permite ser mucho más eficientes en la manera como debemos llegar a él y eso nos ha permitido incrementar nuestro éxito en los proyectos y ha gustado mucho a los productores porque tienen un interlocutor que se les metió a la familia y se ha vuelto parte de ella, entonces fue importante la incorporación de esa profesión como seguramente encontraremos otras que nos van a apoyar en otras áreas.

## ITM: Colombia produce una cantidad importante de caucho natural ¿Cómo acercarse a los empresarios que no han incursionado en el sector del caucho?

F.G: Hay dos pilares importantes, dos valores que tenemos cuando nos acercamos a ellos: deben tener el recurso económico para poder establecerlo y que no se agote al año, porque el caucho es un proyecto de largo plazo; que si se presentan dificultades seguramente van

a encontrar en la institucionalidad un apoyo importante que los va a fortalecer, pero lo más importante es que tengan fe y confianza en la institución, que no van a estar ni están solos, que tienen el apoyo y cuentan con nosotros en las diferentes etapas del cultivo y que en la medida en que ellos nos permitan entrar en su producción, de esa misma manera nosotros vamos a poder intervenir y

ayudarlos. En estos cultivos hay que tener mucha fe. Hace tres años inicié un proyecto de caucho en sociedad, soy cauchero y uno tiene que tener fe en lo que hace, en lo que se propuso pero también en la institucionalidad que lo apoya porque en el agro hay muchos vendedores de sueños, de modas y uno no puede jugar con los sueños, la ilusión y el patrimonio de alguien que quiere invertir en un cultivo que no es de seis u ocho meses como el arroz, la soya o el maíz, sino que es un cultivo de treinta, cuarenta años, que puede comenzar el inversionista ahora pero lo va a continuar el hijo o el nieto.



Fotografía. Sembrados de caucho en Colombia. Tomado de Portafolio.co



**ITM: Colombia es un país productor de materia prima, pero una de las críticas que nos hacen es que no transformamos esa materia prima. El caucho es una materia súper importante en este momento. Ustedes están trabajando en la producción de un caucho de calidad, pero como institución de investigación ¿tienen un proyecto o una visión hacia la transformación del caucho**

F.G: Uno de los privilegios que tiene el sector cauchero en Colombia, es la cantidad de industria a diferentes escalas que hay en el país. Aquí está la fábrica que hace los cauchitos de los billetes, la que hace la suela de los zapatos, el guante de diversas formas, los globos, el reencauche, etc. Esa es una fortaleza importante frente a otros países que producen caucho y sólo exportan materia prima, y eso nos ha hecho cambiar la mirada hacia nuestra industria. Una de las falencias que tiene nuestro centro de investigación del agro es que siempre estamos mirando la investigación hasta la puerta de la finca y de la puerta hacia allá se nos olvida que hay un sector que también hace parte de esa cadena y que necesita y tiene requerimientos en investigación, innovación y desarrollo. Por eso para nosotros es de vital importancia la participación del investigador Mauricio De Greiff en nuestro equipo de trabajo porque él tiene la visión del industrial, lo conocen en el gremio industrial, sabe qué es lo que necesita el gremio industrial y eso estamos empezando a trabajar, desde hace poco en realidad, pero vamos a tener que involucrarnos mucho más. Ya estamos empezando a trabajar en algunos aspectos de calidad del látex desde la finca, algunos procesos muy básicos para que el productor haga una pre-transformación, un valor agregado en finca y le permita al industrial descansar de algunos reprocesos que se veía obligado a hacer por la manera como le llegaba la materia prima a su industria. Ahora tenemos un proyecto con la Gobernación del Tolima donde vamos a hacer un piloto de poder cambiar la manera de producir en campo para que el industrial se interese en la comercialización y poder lograr canales sólidos de comercialización.

**ITM: ¿Cuáles son las necesidades del sector cauchero que deben asumir las universidades?**

F.G: Una de las falencias más grandes en el sector del caucho es el de nutrición y permanencia, cómo fertilizar el caucho. El tema de nutrición agronómica es una de las falencias que tenemos, el tema de entomología también está tomando una gran importancia y el tema de química del látex donde hay un nicho de oportunidades interesantes, todo el tema ambiental de procesos en las pequeñas plantas de los productores y hay una línea bien interesante relacionada con el manejo de los químicos que se utilizan en la manipulación del látex, allí hay unas posibilidades interesantes para trabajar.

**ITM: ¿Cuáles han sido los momentos de gloria y de fracaso en Cenicaucho?**

F.G: Hay un momento que es constantemente desafortunado y es ver que el país no le invierte a la investigación en el agro colombiano. Ese es un tema desafortunado, triste y complejo; cada vez es más difícil encontrar los recursos. Hablar de investigación es hablar de inversión a largo plazo y el gobierno quiere resultados en periodos muy cortos. Creo que esa es la situación más desafortunada en la que el investigador vive constantemente en Colombia. La de éxito es ver crecer a Cenicaucho día a día; cada logro que se tiene, cada nuevo proyecto, cada productor que logra un cambio técnico gracias a nuestro apoyo es para nosotros motivo de orgullo. Yo vivo de felicidades diarias, de un productor que cambió, que logró, un productor que salió contento de una capacitación. Hace poco terminamos la primera cohorte de técnicos en aprovechamiento y beneficio del caucho en los Llanos orientales, durante diez meses, todos los días. Se graduaron todos con su trabajo, fue la deserción más baja en esa región. Creo que ese fue un logro importante porque estos 19 muchachos van a ir a sus respectivas plantaciones y van a lograr cambios técnicos en su producción; esas son batallas diarias que uno gana, libra y sale victorioso. Ya nos están llamando para que hagamos una segunda cohorte y eso para nosotros es moti-

vo de alegría porque quiere decir que el primer ejercicio se hizo bien, que se logró lo que estábamos buscando y nos pone retos más motivadores para continuar. Son tristezas y motivaciones diarias, siempre estamos buscando llegar al productor con algo nuevo en el maletín. Me encanta ir a las plantaciones, recorrerlas con ellos y aprender de ellos, porque ellos nos enseñan más de lo que nosotros podemos llevarles; es compartir ese conocimiento entre todos. Yo creo que esos son los dos momentos constantes en que vivimos y eso construye y forma institucionalidad, crea gremios que tienen infancia, adolescencia y madurez.

**ITM: ¿Cuál es el mayor sueño de Cenicaucho?**

F.G: Es un mega objetivo, un Cenicaucho fortalecido y que esté muy cercano al productor, muy cercano al industrial, a cualquier persona que tenga que ver con caucho y que necesite o tenga una inquietud tecnológica con respecto a lo que está haciendo; creo que el sueño es que se reconozca y se alidere en investigación, desarrollo e innovación en Colombia; cuente con un personal de alto nivel como el que tenemos ahora, pequeño pero de alto nivel, se reconozca su conocimiento y se reconozca la posibilidad de poder trabajar en alianza y de aprender en conjunto. Así estamos trabajando y nuestro plan es fortalecer nuestra institución, fortalecer a nuestros aliados, al fondo de fomento, a la Corporación Cauchera, a las universidades. Hay que crecer juntos, cogerse de la mano y crecer como instituciones.





# Nuevos materiales a partir de caucho natural

Leyla Jaramillo - Juan Posada - William Urrego

Desde el año 2015, el Instituto Tecnológico Metropolitano –ITM, la Universidad Pontificia Bolivariana y la Empresa PROAN-TEX, inscribieron ante Colciencias el proyecto de investigación titulado “Evaluación del grado de refuerzo en un caucho natural colombiano al adicionar cargas oscuras y claras obtenidas a partir de desechos de llantas y de cascarilla de arroz”, con el propósito de brindar nuevas alternativas de materiales para el sector de los polímeros en el marco de la protección del medio ambiente, reutilización de residuos y disminución de costos.

El problema ambiental ocasionado por los residuos sólidos posindustriales y agroindustriales en grandes volúmenes de generación, como son las llantas usadas y la cascarilla de arroz, es de gran impacto tanto en Colombia como a nivel mundial. Adicionalmente, los altos costos de disposición que suponen para las empresas que los producen, han hecho que se desarrollen múltiples investigaciones enfocadas a su aprovechamiento y valorización.

Residuos como las cenizas generadas a partir de la combustión del carbón y las cenizas de combustión de la cascarilla de arroz, han interesado a los investigadores en la última década, tanto por su gran disponibilidad como por sus características físico-químicas. Estos dos tipos de cenizas están compuestas por una gran canti-

dad de sílice (50-95%), lo que las ha hecho susceptibles de investigaciones para su valorización. Esta composición ha facilitado su aprovechamiento principalmente en la industria cerámica y de materiales, encontrándose numerosas investigaciones y aplicaciones como la fabricación de cemento, hormigón o piezas cerámicas en general.

## "Colombia en cifras oficiales desecha aproximadamente 5.3 millones de llantas anualmente"

Otras alternativas de valorización de estos residuos se han explorado en menor medida, como su uso en el campo de materiales poliméricos, empleándolos como cargas inorgánicas reforzantes. Internacionalmente se encuentran ampliamente reportadas las características de gran variedad de polímeros con dispersión de cargas inorgánicas de tamaño micro y nanométrico, de fuentes naturales o sintéticas, pero son pocos los estudios que se refieren al uso de este tipo de cargas proveniente de residuos sólidos industriales.

En Colombia, la producción de arroz Paddy seco está en torno a 2.5 millones de toneladas, si se considera que la cascarilla de arroz representa aproximadamente el 20% del peso total del grano, la generación del residuo

agrícola corresponde aproximadamente a 500 mil toneladas, equivalentes a 5 millones de metros cúbicos [1]. Aunque una parte de este volumen de cascarilla de arroz es utilizada especialmente en galpones, cultivos de flores y secado de granos en hornos, otra gran parte aún constituye un problema serio de disposición final de residuos sólidos.

El aprovechamiento de la cascarilla de arroz como fuente de energía bajo condiciones de combustión, además de producir una fuente de calor importante de carácter renovable, representa unas cenizas aproximadas al 20% en peso de la cascarilla, constituida principalmente, en un 95% de sílice (SiO<sub>2</sub>) aproximadamente, es decir, que para las 500 mil toneladas de residuos generados en promedio en Colombia, 100 mil toneladas, son cenizas con alto potencial para el sector de los materiales.

Según cifras oficiales, en Colombia anualmente se desechan aproximadamente 5,3 millones de llantas, lo que equivalen a aproximadamente unas 100.000 toneladas de caucho [2], y su disposición considera un importante problema ambiental tan-

to desde la perspectiva de generación de residuos como de impactos ambientales al medio ambiente. Las llantas (también llamados neumáticos) son diseñadas para ser extremadamente resistentes a la degradación física, química y biológica, dificultando las técnicas para su reciclado y/o posterior procesamiento. Este residuo presenta diferentes problemas al momento de ser dispuesto, especialmente cuando se hace de manera inadecuada o irregular. Su almacenamiento representa un alto riesgo de incendio que ocasionaría serias dificultades para su extinción, con la consecuente generación de alquitrán y emisiones gaseosas altamente tóxicas que generan considerables impactos ambientales tanto al aire como en agua naturales.

La mayor parte de los neumáticos generados son dispuestos en sitios no aptos y no permitidos, así como incinerados a cielo abierto para la extracción de acero, ocasionando serios problemas de contaminación del aire y afecciones de la salud. En una combustión no controlada se liberan múltiples productos tóxicos como monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (VOCs). También se generan emisiones de partículas, hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), dioxinas, furanos, ácido clorhídrico, benceno, bifenilos policlorados (PCBs) y algunos metales tales como arsénico, cadmio, níquel, zinc, cromo y vanadio [3]–[5].

Como alternativa a la combustión, la pirólisis de llantas usadas ofrece la posibilidad de obtener otras formas de energía de mayor versatilidad (líquidos y gases combustibles) y la recuperación de materias primas que fueron originalmente usadas en la manufactura de la llanta. De modo general, la pirólisis, es un tratamiento termoquímico que permite romper los enlaces químicos del material cuando se aplica calor en ausencia de oxígeno. La pirólisis de llantas da lugar a una fracción sólida carbonosa, llamada char o negro humo pirolítico (CBp) que considera el negro de humo y los elementos inorgánicos (fillers, catalizadores, etc) original-

mente utilizados en el proceso de elaboración de la llanta; y a una fracción gaseosa de compuestos volátiles que presentan un amplio abanico de puntos de condensación. Debido a esta característica, esta fracción puede ser enfriada dando origen a una mezcla de gases livianos no condensables y de alto poder calorífico (30-60

MJ/Nm<sup>3</sup>), y a una fracción líquida adicional, también de alto poder calorífico (40-44 MJ/kg). Las características y distribuciones de las fracciones dependen principalmente de las condiciones operacionales implementadas en el proceso (temperatura, presión, tiempo de residencia de los volátiles, tiempo de residencia del sólido, velocidad de calentamiento) las cuales, a su vez, dependen de las características y el tipo de reactor [6].

Fundamentalmente, la pirólisis de llantas usadas conduce a la volatilización de los diferentes compuestos poliméricos del neumático, permitiendo a su vez, la separación del negro de humo de su estructura. Los productos mayoritarios de este proceso son la fracción líquida y la fracción sólida. La fracción líquida puede considerarse como una mezcla compleja de hidrocarburos no viscosa, con propiedades similares a las del fuel-oil [6]. Esto ha permitido que estos líquidos tengan mayores posibilidades para su comercialización, ya que pueden ser usados como materia prima en la refinación del petróleo, como fuente de productos de valor añadido (benceno, tolueno, xileno, y limoneno) y también como combustible líquido alternativo. Por otro lado, el proceso ideal para la fracción sólida es un sustituto del negro de humo en la producción de neumáticos nuevos o productos de caucho. Esta aplicación contribuiría con una notable reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> puesto que no habría producción de nuevo negro de humo. La mayoría de la producción mundial de negro de humo se hace a través del furnace black process [7], el cual supone una emisión de 5.7 kg de CO<sub>2</sub> eq. por kg de negro de carbono producido [8]. Si esta fracción pudiese ser reincorporada en el

proceso de elaboración de elementos de caucho, no sólo habría una mitigación de importantes emisiones de CO<sub>2</sub> sino también posibilidades destacables para que la pirólisis de llantas usadas pueda consolidarse como proceso waste-to-energy viable desde el punto de vista financiero.

Ante esta perspectiva, los Grupos de investigación Calidad, Metrología y Producción en su Línea de transformación avanzada de materiales y el Grupo Materiales avanzados y energía del Instituto Tecnológico Metropolitano –ITM, el Grupo de Investigaciones Ambientales GIA de la Universidad Pontificia Bolivariana y la Empresa PROANTEX conformaron un equipo técnico y científico para adelantar un proyecto de investigación con el fin de evaluar el grado de refuerzo de cargas oscuras y claras obtenidas a partir de residuos posindustriales cuando son incorporadas en una matriz de caucho natural colombiano.

El proyecto, matriculado en Ciencias, se desarrolla mediante la obtención de las cenizas residuales ricas en sílice provenientes de la combustión de cascarilla de arroz (carga clara) y la fracción sólida (carga oscura) proveniente de la pirólisis de llantas usadas; la caracterización de las cargas claras y oscuras con el propósito de ser adicionadas como cargas reforzantes a la matriz polimérica; la evaluación de la procesabilidad de los materiales compuestos mediante mezclado del caucho natural con las diferentes cargas obtenidas en los procesos posindustriales; el estudio del proceso de vulcanización de los diferentes materiales compuestos fabricados a partir del mezclado del caucho natural con las diferentes cargas y, finalmente, la evaluación de las propiedades mecánicas, reológicas, térmicas y fisicoquímicas de los compuestos de caucho natural reforzados con cargas oscuras y claras.

## Importancia y aplicación potencial de los resultados

Evaluar el grado de refuerzo de cargas oscuras y claras obtenidas a partir de residuos posindustriales cuan-

do son incorporadas en una matriz de caucho natural colombiano, es un proyecto investigativo de gran impacto tanto para el sector productivo como para el industrial, además de contribuir con la minimización del impacto ambiental que actualmente generan los residuos de los polímeros.

El estudio, con pocos antecedentes en el país, permite indagar en profundidad el conocimiento del caucho natural colombiano y su estandarización; presentar una solución de mercado para la fracción sólida del proceso de pirólisis de llantas usadas; obtener nuevas fuentes de sílice que actualmente no se produce en el país y se importan a precios elevados al igual que el negro de carbono convencional que no cuenta con un sustituto efectivo como refuerzo oscuro en caucho. La realización del proyecto pretende aportar al avance en la ciencia e ingeniería de materiales poliméricos, contribuyendo al desarrollo y competitividad del sector regional y nacional, incorporando materias primas alternativas como cargas reforzantes en polímeros de gran consumo industrial como es el caucho natural y dando valor agregado a residuos industriales de alta generación como las cenizas provenientes de procesos termoquímicos. El desarrollo de materiales compuestos basados en este tipo de polímeros, permitirá obtener cargas claras y oscuras a un costo competitivo y con un aporte significativo al cuidado del medio ambiente.

Adicionalmente, se dará un valor agregado tanto a los residuos posindustriales utilizados, como a los productos poliméricos producidos a partir de ellos. Será posible crear las condiciones para la generación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico asociado a la producción y uso de materiales compuestos poliméricos, con beneficios productivos, sociales y ambientales importantes para la región y el país. Con los resultados obtenidos se beneficiará la industria de plásticos en Colombia, los generadores del residuo, los grupos de investigación participantes, y a la comunidad académica en general, ya que generará nuevo conocimiento relacionado con

la química de materiales, gestión ambiental, ciencia de materiales poliméricos y sus aplicaciones industriales innovadoras.

## Referencias:

- [1] J. D. Martínez, T. Pineda, J. P. López, and M. Betancur, "Assessment of the rice husk lean-combustion in a bubbling fluidized bed for the production of amorphous silica-rich ash," *Energy*, vol. 36, no. 6, pp. 3846–3854, Jun. 2011.
- [2] PAULA CARRILLO AFP, "Viviendas construidas con llantas usadas," *El Tiempo*, 2015. [Online]. Available: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/viviendas-construidas-con-llantas-usadas/15474057>. [Accessed: 28-Jul-2015].
- [3] A. Mastral, R. Murillo, M. Callén, and T. García, "Application of coal conversion technology to tire processing," *Fuel Process. Technol.*, vol. 60, no. 3, pp. 231–242, Aug. 1999.
- [4] J. Caponero, J. A. S. Tenório, Y. A. Levendis, and J. B. Carlson, "Emissions of Batch Combustion of Waste Tire Chips: The Hot Flue-Gas Filtering Effect," *Energy & Fuels*, vol. 18, no. 1, pp. 102–115, Jan. 2004.
- [5] J. A. Conesa, A. Fullana, and R. Font, "Tire Pyrolysis: Evolution of Volatile and Semivolatile Compounds," *Energy & Fuels*, vol. 14, no. 2, pp. 409–418, Mar. 2000.
- [6] J. D. Martínez, N. Puy, R. Murillo, T. García, M. V. Navarro, and A. M. Mastral, "Waste tyre pyrolysis - A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, pp. 179–213, 2013.
- [7] J.-B. Donnet, *Carbon Black: Science and Technology, Second Edition* - CRC Press Book, Second Edi. CRC Press, 1993.
- [8] S. Rodat, S. Abanades, E. Grivei, G. Patrianakos, A. Zygogianni, A. G. Konstantopoulos, and G. Flamant, "Characterisation of carbon blacks produced by solar thermal dissociation of methane," *Carbon N. Y.*, vol. 49, no. 9, pp. 3084–3091, 2011.



# LA ALÚMINA, UNA CARGA PROMETEDORA EN LOS CAUCHOS

Juan Carlos Posada Correa

La formulación de compuestos de hules o caucho natural es el arte y la ciencia de seleccionar y combinar cauchos y aditivos para producir un compuesto con las propiedades químicas, físicas y mecánicas necesarias en el producto terminado, así como para facilitar el procesamiento. Esta formulación generalmente contiene 6 compuestos que tienen una función específica, y por lo tanto, un impacto en las propiedades, procesabilidad y costos del producto final. Estos componentes pueden clasificarse en varias categorías: polímeros (caucho natural), sistemas de vulcanización (agentes de vulcanización, acelerador, activador o inhibidor), carga (reforzante, no reforzante), agentes de protección (antioxidante, antiozonante), lubricantes y extendedores, pigmentos de color y otros aditivos especiales.

En la presente investigación se estudiaron los efectos generados por la adición de negro de humo y alúmina ( $Al_2O_3$ ) como cargas reforzantes en caucho natural. Se realizaron ensayos de dureza, tensión, dispersión morfológica, reología de vulcanización, microscopía óptica y reometría de torque, para determinar las propiedades de las mezclas.

Fue posible determinar que tanto el negro de humo como la carga blanca de alúmina influyen principalmente en propiedades físico mecánicas de la mezcla como viscosidad, dureza y resistencia a la tensión. Estos resultados contribuyen a posibles aplicaciones en nuevos desarrollos y productos en caucho natural al utilizar cargas blancas reforzantes.

La transformación y producción de nuevos materiales es equiparable, en la sociedad moderna, a la gran conquista del fuego por el hombre primitivo y, entre ellos, el caucho se ha convertido en uno de los materiales más versátiles en la fabricación de todo tipo de artículos.

El caucho es un material que tiene, entre muchas otras, la propiedad de ser elástico, forma parte del grupo de los elastómeros en la familia de polímeros, junto a otras dos familias, los termoplásticos que reaccionan con la temperatura como las bolsas, las tapas y botellas plásticas; y los termoestables que son resinas empleadas en pinturas, recubrimientos, carrocerías entre muchos otros productos. El caucho natural proviene del árbol *Hevea Brasiliensis*, conocido también como el árbol de caucho; de allí se obtiene la savia del árbol la cual se conoce como látex, esta suspensión está constituida por agua y partículas de caucho en suspensión, esta materia prima puede ser transformada mediante procesos físicos y químicos en diversos productos, algunos realizando procesos de transformación del látex obteniendo directamente productos, y en otros casos el látex es coagulado, obteniéndose de esta manera caucho seco, el cual es la materia prima para la elaboración de otra gran variedad de productos.

Gran parte del crecimiento de la industria de los materiales poliméricos ha sido en parte consecuencia de la incorporación de aditivos o cargas de tamaño nanométrico, materiales conocidos comúnmente como nanocompuestos; para el caso de los elastómeros, el negro de humo (NH) o de carbón es el aditivo más comúnmente utilizado,

pero tiene la limitante de ser empleado para la elaboración de productos oscuros o negros, entonces se limita para otro tipo de productos elastoméricos de color claro, por lo que es importante tener claridad de la importancia de las llamadas cargas claras, las cuales generan también un efecto reforzante en el material elastomérico y adicionalmente permiten elaborar compuestos de caucho de colores diferentes al negro, sin embargo el efecto reforzante de las cargas claras convencionales (de tamaños micrométricos, no nanométricos) puede ser menor al efecto reforzante generado por el negro de humo. Desde el ITM, específicamente la línea de investigación en Manufactura Sostenible, establece la necesidad de investigar el efecto de la incorporación de cargas claras de tamaño nanométrico en caucho natural. Para este propósito, el Ingeniero Juan Carlos Posada Correa, MSc. y docente Investigador del Instituto Tecnológico Metropolitano ITM, adscrito a la Línea de Manufactura Sostenible, se dio a la tarea de investigar otros aditivos con el fin de conocer sus efectos sobre diferentes propiedades en caucho natural.

La investigación se centró en estudiar los efectos generados por la adición de negro de humo y alúmina como cargas reforzantes en dos tipos de cauchos naturales, un caucho natural de origen colombiano (laminado de la región de Tarazá Antioquia) y un caucho natural técnicamente especificado de Guatemala (standard Guatemala Rubber)

El negro de humo u hollín es carbono, uno de los elementos más abundante en la corteza terrestre. Es ideal para reforzar el caucho y ser empleado en apli-

caciones como neumáticos, empaques y como recubrimiento de cableados eléctricos. El negro de humo refuerza el caucho y le permite tener alta resistencia al desgaste y mayor elasticidad. Sin embargo, también es un elemento ampliamente cuestionado por los efectos nocivos de las partículas de carbón para la salud humana y su incidencia en el cambio climático.

La alúmina, por su parte, es un mineral rico en aluminio y es la fuente principal de aluminio tecnológico, es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre, se encuentra presente en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. La alúmina se encuentra en su forma natural como un mineral conocido con el nombre de Bauxita.

## La investigación

La formulación de compuestos de hules o caucho no es simple, y se puede definir como la ciencia de seleccionar y combinar cauchos y aditivos para producir un compuesto con las propiedades químicas y fisicomecánicas necesarias en el producto terminado, así como para facilitar el procesamiento. Esta formulación contiene compuestos que tienen una función específica, y por lo tanto, un impacto en las propiedades, proceso y costos del producto final.

Para la evaluación de las cargas blancas y negras, se tomó como matriz dos tipos de cauchos naturales, un caucho natural de origen colombiano (laminado de la región de Tarazá Antioquia) y un caucho natural de Guatemala (standard Guatemala Rubber) SGR-L.

La carga negra corresponde a un negro de humo estándar N550 semi reforzante, que puede ser utilizado en diferentes aplicaciones cuando se necesita un moldeo, refuerzo moderado, fácil dispersión y buenas características de proceso, especialmente en extrusión. Fue suministrado por Cabot Corporation, con tamaños de partícula típicos entre 40 y 48 nm y un área superficial de 40 m<sup>2</sup>/g

Como cargas blancas se usaron microalúmina comercial, con un tamaño de partícula promedio de 100 nm

y un área superficial de 0,1 m<sup>2</sup>/g y nanoalúmina con un tamaño de partícula promedio de 18 nm y una área superficial de 15 m<sup>2</sup>/g.

Se formularon mezclas con diferentes proporciones de nanocargas cuya composición se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones de mezclas de caucho.

Material/Mezclas	Cantidad (phr)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Caucho Natural Colombiano (NRC)	100	-	100	100	-	-	-	100
Caucho Natural Guatemala (NRG)	-	100	-	-	100	100	100	-
Negro de Humo N550 (NH)	5	25	-	25	5	-	-	-
Nano Alúmina (NA)	-	-	5	-	-	-	5	-
Micro Alúmina (MA)	-	-	-	-	-	25	-	25
Óxido de Zinc	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Ácido Esteárico	1	1	1	1	1	1	1	1
Azufre	3	3	3	3	3	3	3	3
2-mercaptobenzotiazol (MBT)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Fuente: elaboración propia

Los ingredientes empleados en la formulación de caucho pueden clasificarse en varias categorías: polímeros (caucho natural), sistemas de vulcanización (agentes de vulcanización, acelerador, activador o inhibidor) que se emplea con el fin de volver el compuesto de caucho más duro y resistente al frío; carga (reforzante o no reforzante) componente que permite modificar las propiedades mecánicas del polímero; antioxidantes (antioxidante, antiozonante), sustancias capaces de retardar el proceso de envejecimiento y extender la vida útil del producto; lubricantes y extendedores que facilitan la maleabilidad e incorporación de los componentes en la mezcla; pigmentos de color y otros aditivos especiales.

En la preparación de los nanocompuestos, las nanocargas permiten modificar las propiedades del polímero y, en el caso de nanocompuestos de matriz elastomérica, generalmente se adicionan como refuerzo o con el fin de disminuir los costos de las mezclas. El negro de humo (NH) o de carbón es comúnmente utilizado para productos coloreados en negro pero en la búsqueda de cargas con mejores prestaciones se han investigado otras como arcillas, sílice y carbonato de calcio.

La alúmina es uno de los materiales cerámicos de ingeniería ampliamente usado y como carga muestra en general mejoras en las propiedades mecánicas relacionadas con tensión y dureza. Debido a que la alúmina es una carga blanca que no se encuentra

ampliamente investigada en el área de polímeros elastoméricos, en la investigación se realizó una comparación entre las características obtenidas de los compuestos y nanocompuestos elastoméricos que se obtienen usando el negro de humo como carga tradicional, con respecto a la alúmina.

Para establecer las propiedades de los compuestos, se realizaron ensayos utilizando equipos de alta tecnología y bajo las normas internacionales establecidas para determinar la dureza, tensión, dispersión morfológica, deformación del material en el proceso de vulcanización, microscopía óptica y reometría de torque que mide la fuerza y resistencia del material para realizar movimientos rotatorios.

## Los resultados

En el proceso de mezcla se observó que la incorporación de nanoalúmina -NA- se acerca significativamente al valor obtenido por una carga común como el negro de humo -NH-, para los dos tipos de caucho natural ensayados. Al incrementar la proporción en la mezcla de negro de humo y compararla con la nanoalúmina, se obtiene una diferencia del 24% en el torque máximo o fuerza de rotación, esto debido a la mayor área superficial del negro de humo que se ve reflejada en la procesabilidad de la mezcla.

Al comparar el torque máximo obtenido con la adición de NA en proporciones menores con respecto a la microalúmina -MA-, se observan valores similares para las mezclas, reflejando así un efecto significativo del área superficial de dichas cargas.

En los resultados de tensión, se observa que la carga reforzante de NA equipara en resistencia bajo tensión a la carga semi reforzante de negro de humo. Al aumentar el contenido de NH y compararlo con la carga blanca de MA en igual proporción, se observa un incremento en el esfuerzo a la tensión.

Para determinar el efecto de las cargas en las diferentes mezclas realizadas, se midió la dureza, arrojando como resultado una dureza con valores similares para las diferentes mezclas. En los compuestos cargados con MA sigue predominando el efecto del área superficial del NH en el desempeño del caucho.

Al observar el efecto de las cargas de orden nano y micrométrico, se refleja un valor de dureza de igual magnitud



para los dos tipos de caucho usados, mostrando de nuevo efecto del área superficial de las cargas en el desempeño de la mezcla. Este efecto es dado por el tamaño de partícula, el cual es inversamente proporcional al incremento del área superficial, reflejado en las propiedades mecánicas y las condiciones de procesamiento.

El efecto en la deformación en el punto de rotura, bajo esfuerzos de tensión, causado por las cargas de NA y MA, en comparación con el NH, es similar por lo que se conservan las mismas proporciones de elongación en la rotura, lo que refleja la efectividad de la carga nano y micro alúmina como carga reforzante. En cuanto a la morfología se pudo establecer que las mezclas de los dos tipos de caucho con cargas de tamaño nanométrico, NH y NA, presentan un grado de dispersión del 99%, lo que soporta el incremento de las propiedades mecánicas. Como resultado de la investigación, fue posible determinar que tanto el negro de humo como la carga blanca de alúmina influyen principalmente en propiedades físico mecánicas de la mezcla como viscosidad, dureza y resistencia a la tensión, y que la adición de nanoalúmina en matrices de caucho natural, presenta condiciones equiparables de reforzamiento con respecto al negro de humo de uso convencional, en cuanto a procesabilidad y propiedades mecánicas.

Estos resultados incentivan el inicio de la investigación de nuevos desarrollos y productos en caucho natural utilizando cargas blancas reforzantes y hacer de las cargas de micro y nanoalúmina una clase prometedor de materiales avanzados para la industria del caucho.

Responsabilidad Social no es una moda pasajera, sino un pilar esencial de su estrategia empresarial.

Desde 2011, las iniciativas comunitarias del Programa Infantil Bata han creado caminos más brillantes para los niños de todo el planeta.

Este programa independiente y dirigido por voluntarios cuenta con el respaldo de la Fundación del Programa Infantil Bata y de la Compañía Bata.

Todos los voluntarios que aportan su tiempo son empleados de Bata, habiendo participado más de 7.000 personas.

El Programa Infantil Bata ha sido ca-

paz de impactar positivamente a más de 250.000 niños en los países donde opera la empresa.

**Industrias CADI, comprometida con la comunidad y el Medio Ambiente, es una empresa Socialmente Responsable y Ambientalmente sostenible.**

Su objetivo esta puesto en ser una empresa autoabastecida de caucho natural, materia prima vital para la fabricación de sus productos, mediante el cultivo de 200 hectáreas equivalentes a 100.000 árboles de hevea brasiliensis sembrados en diferentes clones.

Asimismo, visionan incrementar las ventas en un 20% como mínimo, también obtener el sello de "líder progresista" y el reconocimiento en medición de la huella de carbono bajo la norma NTC ISO 14064.

Industrias CADI participa en proyecto BANCO2 de Cornare, que busca que las empresas compensen las emisiones de CO2 que generan, realizando aportes económicos a campesinos de la región que cuidan los bosques.

De esta manera contribuyen a cuidar el planeta y a mejorar la calidad de vida de los campesinos que protegen los recursos naturales.

## Referencias:

[1] H. Fischer, "Polymer nanocomposites: from fundamental research to specific applications," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 23, no. 6–8, pp. 763–772, Dec. 2003.

[2] R. Pfaendner, "Nanocomposites: Industrial opportunity or challenge," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 95, no. 3, pp. 369–373, Mar. 2010.

[3] W. Gacitua, B. A. Aldo, and J. Zhang, "POLYMER NANOCOMPOSITES : SYNTHETIC AND NATURAL FILLERS," *Ciencia y tecnología*, vol. 7, no. 3, pp. 159–178, 2005.

[4] N. Rattanasom and S. Prasertsri, "Mechanical properties, gas permeability and cut growth behaviour of natural rubber vulcanizates: Influence of clay types and clay/carbon black ratios," *Polymer Testing*, vol. 31, no. 5, pp. 645–653, Aug. 2012.

[5] C. a. Rezende, F. C. Bragança, T. R. Doi,

L.-T. Lee, F. Galembeck, and F. Boué, "Natural rubber-clay nanocomposites: Mechanical and structural properties," *Polymer*, vol. 51, no. 16, pp. 3644–3652, Jul. 2010.

[6] R. N. Hakim and H. Ismail, "The Comparison of Organoclay with Respect to Silica on Properties of Natural Rubber Nanocomposites," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 28, no. 12, pp. 1417–1431, Aug. 2008.

[7] G. Ramorino, F. Bignotti, S. Pandini, and T. Riccò, "Mechanical reinforcement in natural rubber/organoclay nanocomposites," *Composites Science and Technology*, vol. 69, no. 7–8, pp. 1206–1211, Jun. 2009.

[8] A. Ansarifard, S. F. Shiah, and M. Bennett, "Optimising the chemical bonding between silanised silica nanofiller and natural rubber and assessing its effects on the properties of the rubber," *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 26, no. 6, pp. 454–463, Sep. 2006.

[9] S. S. Idrus, H. Ismail, and S. Palaniandy, "Study of the effect of different shapes of ultrafine silica as fillers in natural rubber compounds," *Polymer Testing*, vol. 30, no. 2, pp. 251–259, Apr. 2011.

[10] B. B. Konar, S. K. Roy, and T. K. Paritya, "Study on the Effect of Nano and Active Particles of Alumina on Natural Rubber–Alumina Composites in the Presence of Epoxidized Natural Rubber as Compatibilizer," *Journal of Macromolecular Science, Part A*, vol. 47, no. 5, pp. 416–422, Mar. 2010.

[11] N. Mohamad, A. Muchtar, M. J. Ghazali, H. M. Dahlan, and C. H. Azhari, "Epoxidised natural rubber-alumina nanoparticle composites: effect of filler loading on the tensile properties," *Solid state science and technology*, vol. 17, no. 2, pp. 133–143, 2009.