



# Memorias IV Encuentro REDVAR

## RESIDUOS COMO PRODUCTOS VALIOSOS



Realizado en la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia



4 al 6 de marzo de 2026



Lugar: Campus Ciudad Universitaria  
Sede Bogotá



Auditorio Juan Herkrath Müller -  
Facultad de Ciencias



Link de conexión:

<https://meet.google.com/kna-drcw-thq>



Más información:

<https://minas.medellin.unal.edu.co/gruposdeinvestigacion/redvar/>

Dra. Yazmin Yaneth Agamez Pertuz y Dr. Eduard Ricardo Romero Malagón

Laboratorio de Investigación de Combustibles y Energía (LICE)

Departamento de Química. Sede Bogotá

# Memorias IV Encuentro REDVAR

## Residuos como productos valiosos

---

Red de Valorización de Residuos – REDVAR

Universidad Nacional de Colombia

Laboratorio de Investigación de Combustibles y Energía – LICE

4 al 6 de marzo de 2026

Campus Ciudad Universitaria, Sede Bogotá

# Presentación

---

La Red de Valorización de Residuos – REDVAR surge como una iniciativa académica, científica y social orientada a liderar la transformación hacia una economía circular en la que los residuos dejen de ser concebidos únicamente como desechos o cargas ambientales, y pasen a ser entendidos como recursos, insumos y productos valiosos con potencial de aprovechamiento, transformación e innovación. Su creación se enmarca en la necesidad de articular capacidades técnico-científicas, institucionales, empresariales y comunitarias para responder a los desafíos ambientales, productivos y sociales asociados a la generación, gestión y valorización de residuos en Colombia. En ese sentido, queremos consolidar a REDVAR como un mecanismo de cooperación interdisciplinario e interinstitucional que busca generar sinergias entre universidades, empresas, fundaciones, corporaciones ambientales, instituciones gubernamentales, comunidades y demás grupos de interés comprometidos con la sostenibilidad.

Más que una red académica convencional, REDVAR se proyecta como una comunidad epistémica y transdisciplinar, capaz de reunir distintos saberes, experiencias y capacidades para construir conocimiento de manera conjunta. Su misión no se limita a la formulación de propuestas técnicas, sino que comprende la creación de espacios de diálogo, aprendizaje colaborativo y apropiación social del conocimiento, desde los cuales sea posible desarrollar soluciones aplicables a las problemáticas reales de la sociedad en torno a la valorización de residuos. Bajo esta perspectiva, la Red promueve una visión amplia de la economía circular, en la que la academia, la industria, el Estado y las comunidades participan activamente en la identificación de oportunidades, la formulación de proyectos y la consolidación de estrategias de crecimiento verde para el país.

Actualmente, REDVAR cuenta con una estructura de trabajo organizada alrededor de distintas mesas temáticas, entre ellas residuos agroindustriales y agropecuarios, residuos industriales —como electrónicos, llantas, textiles y polímeros—, residuos urbanos, residuos de demolición y construcción, residuos peligrosos, aguas y educación ambiental. Estas mesas reflejan la diversidad de problemáticas abordadas por la Red y permiten canalizar las capacidades de sus integrantes hacia líneas concretas de acción, investigación, transferencia y formación. A través de esta organización, REDVAR ha venido fortaleciendo un ecosistema de colaboración sostenible que articula a docentes, grupos de investigación, semilleros, instituciones nacionales e internacionales, empresas, fundaciones, comunidades y organizaciones interesadas en la gestión integral y valorización de residuos.

El Cuarto Encuentro REDVAR, realizado en la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia del 4 al 6 de marzo de 2026, constituye un nuevo hito en este proceso de consolidación nacional. Este encuentro da continuidad a una trayectoria que incluye el Primer Encuentro de REDVAR, celebrado en julio de 2023 en la ciudad de Medellín; la Segunda Reunión en la sede Orinoquía, en noviembre de 2024; la Tercera Reunión en la sede La Paz, en mayo de 2025; así como espacios académicos y de transferencia como el IV Simposio Internacional de Catálisis Ambiental y Energías Renovables, el I Simposio Nacional en Valorización de Residuos, el Primer Foro en Gestión y Valorización de Residuos Orgánicos y diversos workshops orientados a empresas recicladoras y transformadoras. Además, se han programado en el segundo semestre de 2025 y primer semestre de 2026 la Cátedra Nacional Acciones por la Sustentabilidad, la cual ha sido muy exitosa en relación con la acogida de un número importante de estudiantes y, por las cuales se han invitado profesores y actores reconocidos en torno a la Valorización de Residuos. Cada uno de estos espacios ha contribuido a ampliar el alcance de la Red, fortalecer sus mesas de trabajo y promover la construcción colectiva de conocimiento alrededor de los residuos como elementos estratégicos para la sostenibilidad.

La presente memoria del Cuarto Encuentro REDVAR celebrado en Bogotá tiene como propósito recoger los principales antecedentes, aportes, discusiones, experiencias y perspectivas surgidas durante este espacio de articulación. Asimismo, busca dejar constancia del avance de la Red como plataforma nacional para la cooperación científica, tecnológica, ambiental y social, destacando su papel en la generación de conciencia ambiental, el fortalecimiento de capacidades territoriales y la promoción de soluciones innovadoras frente a los retos de la valorización de residuos. En este sentido, esta memoria no solo documenta un encuentro académico, sino también el proceso de construcción de una visión compartida: avanzar hacia un país que reconozca en sus residuos una oportunidad para crear valor, proteger el ambiente, impulsar la investigación aplicada y fortalecer los vínculos entre la academia, la industria y la sociedad.

El evento inició con la llegada de los miembros fundadores y los invitados, dando lugar al registro y recepción de los participantes. El espacio del patio interior de la casa que alberga la Facultad de Ciencias, la hospitalidad y amabilidad de nuestros estudiantes brindaron comodidad y un ambiente acogedor mientras que se distribuían las escarapelas y un souvenir (pocillo) para cada uno.

Después de la instalación del Encuentro por parte de los anfitriones, profesores Yazmin Agámez y Eduard Romero se realizó la presentación de la Red recordando la Misión, Visión y Logros más importantes. La profesora Luz Marina Ocampo enfatizó en la conformación de la red, la cual está integrada por 350 personas representado en docentes de las diferentes sedes de la Universidad Nacional de Colombia, sus grupos de investigación y el semillero Interinstitucional de Valorización de Residuos, instituciones nacionales e internacionales, corporaciones ambientales, empresas, fundaciones y comunidades interesadas en la gestión y valorización de residuos.

# Equipo organizador

---

## Profesores

---

Eduard Ricardo Romero Malagón

Yazmin Yaneth Agámez Pertuz

## Estudiantes

---

Danna Valentina Salinas Ruiz

Sergio Esteban Garzon Barrera

Andrés Mauricio Hernández García

Juan Esteban Ramírez Vanegas

Manuel Alejandro Rosas Bolaños

# Agradecimientos

---

La organización del Cuarto Encuentro REDVAR “Residuos como productos valiosos” expresa su agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo brindado en el marco de la *Convocatoria Nacional para el Establecimiento de Redes de Cooperación bajo el Marco del Modelo Intersedes 2022–2024*.

Asimismo, agradece a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, por el apoyo logístico ofrecido para la realización del encuentro, así como por su contribución al desarrollo de espacios académicos orientados al fortalecimiento de la cooperación intersedes, la valorización de residuos, la economía circular y la sostenibilidad.

# Agenda General

---

## CUARTO ENCUENTRO REDVAR “RESIDUOS COMO PRODUCTOS VALIOSOS”

**LUGAR:** Campus Ciudad Universitaria Sede Bogotá - Auditorio Juan Herkrath Müller - Facultad de Ciencias

**Enlace de la videollamada:** <https://meet.google.com/kna-drcw-thq>

Hora	Miércoles 4 de marzo	Jueves 5 de marzo	Viernes 6 de marzo
08:00–08:15	Registro & Recepción de Invitados	Charla “¿Qué hacemos con las baterías viejas del futuro?” Andrés Cabrera	Anfitriones e invitados
08:15–08:30	Charla Redvar Coordinación Bogotá “Residuos como productos valiosos y sus aplicaciones” por Yazmin Agamez y Eduard Romero		
08:30–08:45	Charla Redvar Coordinación Medellín “Aprovechamiento de residuos de origen metálico” por Luz Marina Ocampo		Charla “Cadena de valor del hidrógeno como vector energético: retos y oportunidades por Nicolás Vanoy UAN
08:45–09:00	Charla Redvar Coordinación Palmira Jeannet Torres		Charla “Desarrollo de un modelo matemático en un reactor 2D para la producción de hidrógeno mediante reformado autotérmico con vapor de bioetanol” por Danys Carlos Otero UAN

<b>Hora</b>	<b>Miércoles 4 de marzo</b>	<b>Jueves 5 de marzo</b>	<b>Viernes 6 de marzo</b>
09:00–09:20	Palabras Anfitriones - Bienvenida Oficial	CONFERENCIA OGA por prof. Hernán Gusta- vo Cortés	“Producción Sostenible de la Palma de Aceite en Colombia. Un enfoque desde la Economía Cir- cular” CONFERENCIA CENIPALMA por Ing. Jesús Alberto García
09:20–10:00	Presentación REDVAR: Misión, Visión y Logros de la red por Coordinado- res Cuarto Encuentro		
10:00–10:20		Coffee Break	
10:20–10:35	Conferencia por Zulma Garzón de la División de Logística - Líneas Estra- tégicas y Sinergias	Charla Redvar “Del re- siduo a pellets. Una es- trategia sostenible de bio- energía” por Hernando Palacio y Santiago Gutié- rrez de Biomastest	RECORRIDO OGA
10:35–10:50		Charla Redvar Coordina- ción La Paz por Diego Durán y Mónica Sando- val	
10:50–11:05		Charla Redvar Biofrun por Francisco José Valen- cia Alaix	
11:20–11:35	Charla Valorización de Residuos de Filtros car- bonosos en tratamiento de agua - Coque por Ju- lieta Rubio	Charla “ Residuos que inspiran oportunidades: integrando academia e industria hacia una economía circular sos- tenible” por Jahaziel Amaya UAN	
11:35–11:50		Charla “Incorporación de la economía circular lo- cal y distribuida en los PGIRS 3ra generación, en el marco del decreto basura cero” UDCA por Marco Tulio Espinoza	
12:00–14:00		Almuerzo	

<b>Hora</b>	<b>Miércoles 4 de marzo</b>	<b>Jueves 5 de marzo</b>	<b>Viernes 6 de marzo</b>
14:00–14:15	Charla Valorización de Residuos Agroindustriales - Palma y Cacao por Karen Quiroga	“Valorización de residuos y economía circular desde la investigación aplicada: experiencias del Grupo CGI–SENA” CONFERENCIA SENA	ASAMBLEA DE DIRECTIVOS REDVAR Y BALANCE FINAL DEL EVENTO
14:15–14:30	Proyectos Valorización residuos Laboratorio de Investigación Combustibles y Energia (LICE), Anfitriones del Tercer Encuentro		
14:30–14:45		“Formación investigativa y transición productiva: el papel del Semillero SIGMA en la valorización de residuos” CONFERENCIA SENA	
14:45–15:00			
15:00–15:20		Coffee Break	
15:20–15:35		Charla Redvar Faro Tecnológico “Aplicaciones para mejorar el uso de recursos energéticos” por Fabio Alexander Suárez	
15:35–15:50		Charla “Retos y oportunidades en la valorización de residuos de construcción y demolición en Bogotá” por Dery Corredor Uniminuto	
15:50–16:05		Charla “Residuos plásticos recuperados para la generación de productos de alto valor agregado” Ingeniería de Polímeros de la Universidad ECCI y del Nodo de Educación Ambiental de la Red de Universidades del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible - por Manuel Amezcua	

---

<b>Hora</b>	<b>Miércoles 4 de marzo</b>	<b>Jueves 5 de marzo</b>	<b>Viernes 6 de marzo</b>
16:05–16:20		Charla “Economía agrícola, suelos y Salud pública” por Jorge Luna de 9R Sostenible	
16:20–17:20		Foro Biomassnest, Biofrun, Faro T - OGA - SENA - CENIPALMA - Uniminuto - UAN - UNAL “De la investigación al territorio: retos y oportunidades en la valorización de residuos y la articulación interinstitucional” Conversatorio y Conclusiones	

---

<https://minas.medellin.unal.edu.co/gruposdeinvestigacion/redvar/>

# Índice general

---

<b>Presentación</b>	<b>IV</b>
<b>Equipo organizador</b>	<b>VI</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>VII</b>
<b>Agenda General del Cuarto Encuentro REDVAR – Bogotá</b>	<b>VIII</b>
<b>1. Valorización de Residuos Agroindustriales y Bioenergía</b>	<b>1</b>
1.1. Valorización de residuos agroindustriales: palma de aceite y cacao . . . . .	2
1.2. Residuos como productos valiosos: biocarbonizados en la agricultura . . . . .	3
1.3. Biodiversidad y Agroindustria de la Región Caribe Norte de Colombia . . . . .	4
1.4. Del residuo a pellets. Una estrategia sostenible de bioenergía . . . . .	5
1.5. Aplicaciones para Mejorar el Uso de Recursos Energéticos . . . . .	6
<b>2. Gestión de Residuos Urbanos, Industriales y de Construcción</b>	<b>7</b>
2.1. Aprovechamiento de residuos de origen metálico . . . . .	8
2.2. Retos y oportunidades en la valorización de residuos de construcción y demolición en Bogotá . . . . .	9
2.3. Residuos plásticos recuperados para la generación de productos de alto valor agregado	10
2.4. Simbiosis Industrial y Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del ladrillo adicionado con cenizas de fondo de carbón . . . . .	11
<b>3. Vectores Energéticos de Frontera: Baterías e Hidrógeno</b>	<b>12</b>

---

3.1. ¿Qué hacemos con las baterías viejas del futuro? . . . . .	13
3.2. Cadena de Valor del H <sub>2</sub> como Vector Energético: Retos y Oportunidades . . . . .	14
3.3. Desarrollo de un modelo matemático en un reactor 2D para la producción de hidrógeno mediante el reformado autotérmico con vapor de bioetanol . . . . .	15
<b>4. Nuevos Materiales, Nanotecnología y Descontaminación</b>	<b>16</b>
4.1. Evaluación del retamo espinoso ( <i>Ulex europaeus</i> ) como alternativa de coagulante natural para el tratamiento del agua . . . . .	17
4.2. Valorización de residuos y economía circular desde la investigación aplicada: experiencias del grupo CGI-SENA . . . . .	18
<b>5. Inocuidad, Sociedad y Campus Sostenibles</b>	<b>20</b>
5.1. Gestión de residuos. Líneas estratégicas y sinergias . . . . .	21
5.2. Residuos como productos valiosos: inocuidad y costo invisible de contaminantes emergentes . . . . .	22
5.3. El Bio-campus como Aula Total y Laboratorio de Ciudadanía . . . . .	23
5.4. Aplicación de estrategias de apropiación social del conocimiento . . . . .	24



# Valorización de Residuos Agroindustriales y Bioenergía

---

---

# Valorización de residuos agroindustriales: palma de aceite y cacao

---

**Autora:** Karen Quiroga Salinas

## Resumen

La agroindustria genera enormes volúmenes de residuos a nivel global y nacional, estimándose cerca de 9,76 millones de toneladas anuales solo en Colombia. Cultivos de gran escala, como la palma de aceite y el cacao, producen enormes cantidades de biomasa residual que tradicionalmente representaban un problema bajo el obsoleto modelo de la economía lineal de “tomar, producir, usar y descartar”. Sin embargo, la investigación actual propone un cambio de paradigma donde “un residuo es un recurso”, impulsando a la industria a transitar hacia una economía circular centrada en agregar valor ecológico y mitigar el daño ambiental.

En este modelo circular, la biomasa de la palma y el cacao se reincorpora a las cadenas productivas como materias primas estratégicas, cuyo uso depende de su composición natural. Por un lado, los residuos del cacao, como la cáscara de la mazorca o el grano, se aprovechan para la formulación de fertilizantes orgánicos, alimentación animal y la creación de bases para procesos biotecnológicos y alimentarios. Por otro lado, los subproductos de la palma de aceite, como el cuesco, las frondas o la fibra, tienen un inmenso potencial para ser transformados en vectores de energía renovable, como pellets y briquetas, e incluso en precursores de bioplásticos.

Uno de los aportes más significativos de esta biomasa a la circularidad es su transformación en biocarbón. Al reintegrar este material sólido a los campos agrícolas, se logra una remediación efectiva del suelo, mejorando la retención de nutrientes y actuando como una esponja que adsorbe contaminantes emergentes, orgánicos y metales pesados. Además, su aplicación en la agricultura facilita la captura de gases de efecto invernadero, cerrando el ciclo de los materiales de una manera verdaderamente sostenible que devuelve la salud a los ecosistemas mientras fomenta nuevos mercados.

**Palabras clave:** residuos agroindustriales; palma de aceite; cacao; economía circular; biocarbón; valorización.

---

# Residuos como productos valiosos: biocarbonizados en la agricultura

---

**Autora:** Yazmin Yaneth Agámez-Pertuz y Eduard Ricardo Romero Malagón

## Resumen

El agotamiento de los suelos agrícolas, provocado por la explotación intensiva, los drásticos cambios climáticos y la pérdida de materia orgánica, limita severamente la sostenibilidad de la agricultura contemporánea y el desarrollo de las plantas. Frente a este desafío, la incorporación de biocarbonizados, también conocidos como *biochar*, obtenidos a partir de diversos residuos agroindustriales y maderables, se presenta como una solución innovadora y eficiente para la regeneración edáfica. El uso de este material busca transitar hacia la construcción de “ecosistemas bio-regenerativos”, devolviéndole la salud a la tierra y promoviendo prácticas de gestión sostenibles desde el enfoque de la economía circular.

El valor central que aportan los biocarbonizados a los suelos radica en sus excepcionales propiedades fisicoquímicas, las cuales transforman el terreno a nivel estructural, químico y biológico. En primer lugar, gracias a su naturaleza básica, con un pH típicamente cercano a 7,8, actúan como un excelente acondicionador para contrarrestar la acidez característica de muchos suelos tropicales. En segundo lugar, su aplicación incrementa significativamente la capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo que se traduce en una mayor disponibilidad y retención de macro y micronutrientes esenciales. Además, su estructura altamente porosa mejora la hidrodinámica y retención de humedad del terreno, sirviendo simultáneamente como un refugio ideal que fomenta el aumento de la biomasa y la diversidad de la comunidad microbiana útil para el suelo.

Más allá de potenciar la fertilidad agrícola, este material cumple un papel crucial en la remediación ambiental. La porosidad del *biochar* le otorga una alta capacidad para adsorber contaminantes orgánicos, metales pesados y contaminantes emergentes, como residuos farmacéuticos, que amenazan los ecosistemas. Finalmente, al tratarse de un carbono recalcitrante y estable, su integración en los campos agrícolas facilita la captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a largo plazo e inhibe las emisiones de otros gases de efecto invernadero perjudiciales, consolidando un ciclo productivo con un impacto ecológico profundamente positivo.

**Palabras clave:** biocarbonizados; biochar; agricultura sostenible; remediación de suelos; economía circular.

---

# Biodiversidad y Agroindustria de la Región Caribe Norte de Colombia

---

**Autores:** Mónica Viviana Sandoval Rincón, Diego Camilo Durán García, Camilo Villazón Villazón y Andrés Jiménez Ascanio

## Resumen

La región Caribe colombiana, particularmente en zonas con vocación agrícola como Pueblo Bello en el departamento del Cesar, destaca por su importante actividad cafetera. Sin embargo, durante las etapas de beneficio y despulpado del grano, se generan volúmenes masivos de biomasa residual, representados principalmente en la pulpa y la cáscara del café. Históricamente, estos flujos orgánicos han representado un reto de disposición final, pero bajo el enfoque de la bioeconomía circular, los investigadores han identificado en ellos una valiosa fuente de ingredientes naturales, principios activos y metabolitos con un alto potencial de valor agregado para la agroindustria.

Como solución innovadora para revalorizar esta biomasa, el equipo de investigación desarrolló “Arükü”, un prototipo de bebida energizante artesanal y funcional. Este bioproducto se formula aprovechando la cafeína natural recuperada directamente de la cáscara residual del café, logrando un aporte energético de entre 60 y 80 miligramos de cafeína por cada porción de 250 mililitros. Lejos de emplear aditivos sintéticos, la bebida enriquece su perfil nutricional integrando elementos de la biodiversidad regional; incorpora extractos acuosos de *Lippia alba* y cáscara de limón que aportan compuestos fenólicos beneficiosos, y utiliza jarabe de panela como endulzante natural y fuente de grados Brix.

El exitoso desarrollo de esta bebida energizante demuestra que la transición sistemática “de la biomasa al bioproducto” es una estrategia comercial y ecológicamente viable para la industria de alimentos y bebidas. Al transformar un desecho agrícola en una bebida nutracéutica competitiva, se fomenta el cierre de los ciclos productivos y se diversifican las oportunidades de ingresos para los caficultores de la región. En definitiva, esta iniciativa mitiga el impacto ambiental derivado del mal manejo de los residuos y ofrece al mercado de consumo alternativas funcionales, saludables y arraigadas en la biodiversidad local.

**Palabras clave:** cáscara de café; cafeína; bebida funcional; bioeconomía circular; biodiversidad; residuos agroindustriales.

---

# Del residuo a pellets. Una estrategia sostenible de bioenergía

---

**Autores:** Equipo Biomasnest

## Resumen

La gestión de residuos orgánicos y voluminosos representa un desafío crítico para centros urbanos como Medellín, donde se generan más de 1.200 toneladas diarias de desechos, siendo más de la mitad de origen orgánico. Bajo un modelo de consumo lineal, la inadecuada disposición de estos materiales maderables y agroindustriales ha generado graves problemas ambientales, como la acumulación en laderas, la contaminación de fuentes hídricas y la proliferación de vectores de enfermedades que amenazan la salud pública. Como respuesta a esta problemática, el equipo de Biomasnest ha consolidado una estrategia pionera de economía circular orientada a transformar biomasa residual —como maderas urbanas, borra de café, cascarilla de arroz y capacho de maíz— en soluciones bioeconómicas, reincorporando estos materiales al ciclo productivo bajo la forma de pellets energéticos.

El impacto de crear bioenergía a partir de estos residuos es profundamente positivo a nivel económico y operativo. Los pellets obtenidos destacan por poseer una densidad energética hasta nueve veces superior a la de la madera convencional, ofreciendo una alternativa térmica de alta eficiencia. Esta solución garantiza una notable estabilidad de precios, protegiendo a los usuarios frente a la histórica volatilidad de los combustibles fósiles y las tarifas eléctricas fluctuantes. La viabilidad financiera es contundente: en aplicaciones térmicas, el uso de estos bioproductos puede generar un ahorro directo superior al 52 % en comparación con el gas natural y más del 72 % frente a la electricidad, demostrando ser una alternativa industrial altamente competitiva. Adicionalmente, brindan una alta seguridad operativa, ya que son un combustible no explosivo y libre de los riesgos asociados a los gases a presión.

Desde una perspectiva estrictamente ambiental, la adopción de esta bioenergía consolida un paso firme hacia la transición sustentable. La combustión de estos pellets proporciona una fuente de energía carbono-neutral, lo que facilita la sustitución parcial de recursos fósiles altamente contaminantes como el carbón mineral, apoyando el cumplimiento de las metas globales de sostenibilidad corporativa. Al mismo tiempo, este modelo de valorización evita que miles de toneladas de biomasa terminen saturando los rellenos sanitarios o degradando los ecosistemas locales, demostrando que la correcta integración entre tecnología y naturaleza puede transformar un pasivo ambiental y logístico en el motor de una nueva matriz energética sostenible.

**Palabras clave:** pellets energéticos; biomasa residual; bioenergía; economía circular; valorización de residuos; sostenibilidad.

---

## Aplicaciones para Mejorar el Uso de Recursos Energéticos

---

**Autor:** Fabio Alexander Suárez Bustamante

### Resumen

La agroindustria cafetera genera volúmenes masivos de residuos orgánicos durante las etapas de beneficio y preparación del grano, destacándose principalmente la pulpa y la borra del café. Tradicionalmente, la acumulación y el manejo de estos subproductos han representado un reto logístico y ambiental para los productores. Sin embargo, bajo el enfoque de la economía circular y la búsqueda de soluciones tecnológicas eficientes, estos materiales han dejado de ser vistos como simples desechos para consolidarse como una fuente estratégica y renovable para la generación de bioenergía. Esta transición ofrece una alternativa viable para sustituir gradualmente los combustibles fósiles convencionales, reducir la huella de carbono del sector y fomentar la sostenibilidad ambiental.

Para aprovechar este potencial, la investigación liderada por FARO Tecnológico se ha centrado en el desarrollo de soluciones mecánicas para la densificación de la biomasa. La estrategia consiste en transformar la pulpa y la borra del café en briquetas sólidas, un formato estandarizado que facilita enormemente su manipulación, transporte y combustión. Para lograr este objetivo, se diseñó y fabricó una briquetadora instrumentada y equipada con celdas de carga, lo que permitió evaluar con precisión el comportamiento de ambos materiales frente a la compresión.

Los análisis mecánicos, plasmados en curvas experimentales de fuerza versus desplazamiento, han revelado que la naturaleza física de cada residuo exige parámetros de operación distintos para lograr una densificación exitosa. Por ejemplo, los ensayos demostraron que la pulpa del café es un material más resistente que requiere una fuerza de compresión significativamente mayor, alcanzando más de 27.000 N, en comparación con la borra, la cual se compacta con mucha menos fuerza. Al estandarizar la fabricación de estas briquetas, se abre una inmensa oportunidad para que las zonas productoras transformen un pasivo ambiental abundante en un recurso energético propio y de alto valor agregado, impulsando el desarrollo social y económico regional.

**Palabras clave:** residuos de café; briquetas; bioenergía; densificación de biomasa; economía circular; recursos energéticos.

# Gestión de Residuos Urbanos, Industriales y de Construcción

---

---

## Aprovechamiento de residuos de origen metálico

---

**Autora:** Luz Marina Ocampo

### Resumen

La transición hacia una economía circular exige que la investigación académica ofrezca soluciones tangibles a las problemáticas productivas del país. Bajo este propósito, el Grupo de Ciencia y Tecnología de Materiales (CTM) y el Semillero Intersedes de Valorización de Residuos (SIVAR), dirigidos por la investigadora Luz Marina Ocampo, lideran un esfuerzo sistemático enfocado en la gestión inteligente de los pasivos ambientales. Su misión principal consiste en valorizar los desechos provenientes de los sectores minero, urbano e industrial, transformando estos flujos contaminantes en nuevos materiales o recuperando metales de alto valor comercial. Esta labor se apoya fuertemente en la colaboración interdisciplinaria, creando alianzas con diversas instituciones y formando activamente a estudiantes de pregrado y posgrado para liderar la sostenibilidad del futuro.

El impacto de este grupo se materializa en un portafolio de proyectos de innovación aplicada. En el ámbito tecnológico y minero, han desarrollado estrategias para la recuperación de elementos estratégicos, tales como el cobalto extraído de baterías de celulares desechadas y las valiosas tierras raras obtenidas a partir de las “arenas negras” generadas por la minería aluvial de oro en Antioquia. Por su parte, en el sector industrial, destacan sus investigaciones para darle una nueva vida a los efluentes tóxicos del proceso de galvanizado, utilizándolos para sintetizar nanopartículas y depurando las aguas mediante celdas de electrocoagulación. El grupo también fomenta la innovación verde aprovechando desechos agroindustriales, como el uso de residuos de café para crear líquidos iónicos a base de cafeína destinados a la desulfuración de combustibles comerciales.

Finalmente, para garantizar que todas estas rutas de aprovechamiento generen un beneficio ecológico real y no transfieran la contaminación a otras áreas, el CTM integra herramientas de evaluación rigurosas. A través del uso del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), los investigadores logran cuantificar el impacto ambiental de sus procesos, asegurando patrones de producción verdaderamente sostenibles. En definitiva, ya sea recuperando zinc con bacterias, transformando plásticos posconsumo o rescatando metales mineros, este equipo demuestra que el conocimiento aplicado es la clave para que la industria deje de generar basura y comience a producir recursos perpetuos.

**Palabras clave:** residuos metálicos; valorización de residuos; economía circular; recuperación de metales; análisis de ciclo de vida; sostenibilidad industrial.

---

# Retos y oportunidades en la valorización de residuos de construcción y demolición en Bogotá

---

**Autora:** Dery Esmeralda Corredor Pulido

## Resumen

El acelerado crecimiento urbano de Bogotá, impulsado por la verticalización de diversas localidades y la ejecución de megaproyectos de infraestructura como la Primera Línea del Metro y la expansión de las troncales de TransMilenio, ha desencadenado un desafío ambiental de proporciones monumentales. Actualmente, la capital colombiana genera más de 20 millones de toneladas de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) al año, una cifra alarmante que representa cerca del 40% del total de estos desechos a nivel nacional. A pesar de que el 80% de estos materiales —que incluyen enormes volúmenes de concreto, ladrillo, acero y madera— posee un alto potencial de aprovechamiento técnico, la ciudad apenas logra gestionar adecuadamente un 20%, evidenciando una profunda ineficiencia logística bajo el modelo tradicional.

Para hacer frente a esta abrumadora generación de escombros, la investigación plantea una vía de mitigación basada en los principios de la economía circular y la innovación en el diseño de materiales. La estrategia central consiste en reincorporar estos RCD al ciclo productivo mediante la sustitución parcial de agregados naturales para el desarrollo de nuevos concretos y elementos constructivos con una menor huella de carbono. Esta transición circular tiene un impacto ambiental profundamente positivo, ya que disminuye drásticamente la extracción y presión sobre las canteras locales, al tiempo que reduce el volumen de materiales que terminan saturando los rellenos sanitarios o acumulándose en botaderos ilegales.

En definitiva, transformar este inmenso pasivo urbano en una ventaja competitiva requiere consolidar cadenas de valor locales que impulsen el empleo verde y promuevan una articulación efectiva entre la academia, la empresa y el Estado para la transferencia tecnológica. Al implementar esta “inteligencia material” y dejar de percibir los escombros como simple basura, Bogotá tiene la inmensa oportunidad de mitigar su impacto ecológico y posicionarse como un gran referente regional en la construcción verdaderamente sostenible.

**Palabras clave:** residuos de construcción y demolición; RCD; economía circular; concreto reciclado; construcción sostenible; Bogotá.

---

# Residuos plásticos recuperados para la generación de productos de alto valor agregado

---

**Autores:** Manuel Amézquita Pulido, Juan Carlos Guevara, Luís Fernando Moreno, Luz Marina Ocampo y Elizabeth Carvajal

## Resumen

El crecimiento exponencial en la producción mundial de plásticos, que ha alcanzado cifras cercanas a los 415 millones de toneladas anuales en los últimos años, ha desencadenado una crisis ecológica sin precedentes. La disposición inadecuada de estos residuos genera la proliferación de microplásticos que contaminan el aire, los suelos, las fuentes hídricas y las cadenas alimenticias, afectando gravemente la salud pública y causando la muerte de miles de especies marinas. Frente a este panorama, la investigación propone una solución contundente desde la economía circular: la recuperación de desechos sólidos de polímeros y vidrio para desarrollar un innovador material compuesto, el cual se destina a la fabricación de ladrillos ecológicos para la construcción, con una gran proyección hacia el desarrollo de viviendas de interés social.

El impacto técnico de crear ladrillos a partir de esta mezcla de reciclados es sumamente destacado. Tras un riguroso proceso que incluye la limpieza, molienda, extrusión, peletizado y, finalmente, el moldeo por inyección o compresión, se logra un material con propiedades estructurales excepcionales. Las pruebas mecánicas demostraron que estos ladrillos compuestos poseen una resistencia a la flexión altamente competitiva que supera los 30 MPa; de hecho, logran sobrepasar los estándares de resistencia exigidos por las normativas internacionales (ISO) para materiales de construcción convencionales, como las baldosas de semigres y gres. Esto comprueba que la “basura” urbana puede transformarse en elementos constructivos que igualan o superan la durabilidad de la materia prima tradicional.

Más allá de sus ventajas mecánicas, el impacto socioambiental y económico de este desarrollo es profundo. La fabricación de estos ladrillos no solo mitiga la presión sobre los ecosistemas al evitar que miles de toneladas de plásticos y vidrios terminen en los mares o rellenos sanitarios, sino que también fomenta la generación de productos de alto valor agregado. Adicionalmente, el proyecto se concibe como un motor para la educación ambiental y la difusión del conocimiento, articulando a la academia, la industria, el Estado y los gestores ambientales, como los recicladores, en una cadena de valor unificada que hace de la construcción sostenible una realidad accesible y colaborativa.

**Palabras clave:** residuos plásticos; vidrio reciclado; material compuesto; ladrillos ecológicos; construcción sostenible; economía circular.

---

# Simbiosis Industrial y Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del ladrillo adicionado con cenizas de fondo de carbón

---

**Autora:** Janneth Torres Agredo

## Resumen

El sector de la construcción y la fabricación tradicional de materiales cerámicos demandan una gran cantidad de recursos naturales y energía, generando una huella de carbono y un impacto ecológico considerables. Para mitigar esta problemática, la investigación liderada por el Grupo de Investigación Materiales y Medio Ambiente (GIMMA) de la Universidad Nacional de Colombia propone una estrategia integral basada en la simbiosis industrial. Este enfoque busca conectar distintas cadenas de valor para que los flujos residuales de una industria se conviertan en las materias primas de otra, utilizando específicamente las cenizas de fondo de carbón como adición para la fabricación de ladrillos.

La integración de estas cenizas en el ciclo de producción del ladrillo —el cual abarca etapas de trituración, mezcla, extrusión, secado y cocción— disminuye el impacto ambiental al sustituir una fracción de los agregados vírgenes naturales, como la arcilla y la arena. Esta valorización aporta un doble beneficio ecológico a los territorios: por un lado, reduce la presión extractiva sobre las canteras y los ecosistemas locales; por el otro, le da una nueva vida útil a las cenizas de carbón, evitando que terminen acumulándose como pasivos ambientales en los rellenos sanitarios.

Para validar que esta alternativa sea verdaderamente sostenible, el proyecto se fundamenta en la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), evaluando el proceso con un límite de sistema “de la cuna a la puerta”. Este análisis permite estimar de forma rigurosa la reducción de la huella de carbono al contemplar el consumo de energía, agua, combustibles y las distancias de transporte asociadas. En definitiva, la aplicación de esta simbiosis industrial en las ladrilleras locales demuestra que es posible descarbonizar la producción de materiales constructivos, garantizando que el aprovechamiento de los residuos genere un beneficio ambiental real bajo el modelo de la economía circular.

**Palabras clave:** simbiosis industrial; análisis de ciclo de vida; cenizas de fondo de carbón; ladrillos; economía circular; materiales cerámicos.

# Vectores Energéticos de Frontera: Baterías e Hidrógeno

---

---

## ¿Qué hacemos con las baterías viejas del futuro?

---

**Autores:** Andrés Cabrera y Andrés Hernández

### Resumen

El mundo avanza aceleradamente hacia la electrificación, impulsado en gran medida por el crecimiento exponencial en las ventas de vehículos eléctricos e híbridos a nivel global y nacional. Esta inminente transición energética, aunque es fundamental para la sostenibilidad, trae consigo un desafío monumental frente a la demanda masiva de los componentes de los sistemas de almacenamiento. Dentro de un vehículo eléctrico, el cátodo de la batería es el elemento que concentra el mayor valor material y económico, haciéndolo el componente más crítico de toda la estructura automotriz y el responsable de una gran parte de la huella de carbono inicial del vehículo.

La importancia estratégica de recuperar estos metales radica fuertemente en la vulnerabilidad de las cadenas de suministro globales. En la actualidad, tanto la minería y refinación de estos materiales críticos, como la fabricación de las baterías de ion-litio, se encuentran altamente monopolizadas y concentradas en unas pocas regiones del mundo, con un claro dominio geopolítico por parte de China. Al establecer sistemas de reciclaje para las baterías que llegan al final de su vida útil, la industria automotriz no solo disminuye drásticamente el impacto ambiental asociado a la minería de recursos vírgenes, sino que logra reducir su extrema dependencia extranjera, garantizando la soberanía, resiliencia e independencia en la fabricación de nuevos vehículos.

Finalmente, la urgencia de consolidar esta economía circular se hace aún más evidente al observar que la tecnología de almacenamiento de energía no es estática, sino que evoluciona rápidamente introduciendo nuevas químicas y diseños en el mercado, como el auge de las baterías de sodio o las variaciones en las mezclas de litio-hierro-fosfato. Extraer y reincorporar estratégicamente los metales de las baterías desechadas es una necesidad ineludible para evitar un colapso por acumulación de residuos, asegurando que la riqueza contenida en los sistemas viejos se convierta en la materia prima confiable que impulse la movilidad eléctrica del futuro.

**Palabras clave:** baterías de ion-litio; reciclaje de baterías; movilidad eléctrica; economía circular; metales críticos; transición energética.

---

# Cadena de Valor del H<sub>2</sub> como Vector Energético: Retos y Oportunidades

---

**Autores:** Michael Nicolas Vanoy Villamil

## Resumen

La transición hacia una matriz energética sostenible ha posicionado al hidrógeno (H<sub>2</sub>) como uno de los vectores energéticos más prometedores y estratégicos a nivel global. A diferencia de los hidrocarburos tradicionales, el hidrógeno destaca por poseer una densidad energética extraordinariamente alta por unidad de masa, entre 120 y 142 MJ/kg, y por generar cero emisiones de dióxido de carbono durante su uso directo. Esta profunda versatilidad le permite integrarse en diversas etapas de la cadena de valor, facilitando la descarbonización integral de sectores que históricamente han dependido de los combustibles fósiles y que resultan muy difíciles de electrificar mediante tecnologías convencionales.

No obstante, el impacto ambiental y la viabilidad del hidrógeno dependen intrínsecamente de su origen y de las tecnologías empleadas para su producción, lo cual se clasifica mediante una “paleta de colores”. Actualmente, el mercado mundial está dominado por el hidrógeno gris y marrón/negro, provenientes del gas natural y el carbón sin captura de emisiones, los cuales concentran más del 90 % de la cuota de mercado debido a sus bajos costos de producción, pero presentan una alta huella de carbono. Para lograr una transición efectiva y limpia, la industria se enfrenta al reto monumental de escalar la capacidad y reducir los costos del hidrógeno verde, generado por electrólisis del agua usando energías renovables, y del hidrógeno azul, producido con combustibles fósiles, pero integrando captura y almacenamiento de carbono, métodos fundamentales para alcanzar la neutralidad climática.

Las oportunidades que despliega la consolidación de esta cadena de valor son inmensas frente a los retos de distribución, donde el hidrógeno debe transformarse en formatos manejables como el estado líquido o vectores químicos como el amoníaco o metanol. En su etapa de uso final, este elemento es la clave para descarbonizar la industria pesada, como la siderurgia y las refinerías, y para revolucionar la movilidad de gran escala, incluyendo camiones de larga distancia, transporte marítimo, trenes y aviación. Finalmente, el despliegue del hidrógeno actúa como un estabilizador fundamental para las redes eléctricas y abre la puerta para que diversas naciones logren una verdadera independencia energética, permitiéndoles producir su propio combustible limpio a gran escala.

**Palabras clave:** hidrógeno; bioetanol; reformado autotérmico; reactor 2D; transición energética; descarbonización.

# Desarrollo de un modelo matemático en un reactor 2D para la producción de hidrógeno mediante el reformado autotérmico con vapor de bioetanol

**Autores:** Danys Carlos Otero Herrera, Michael Nicolas Vanoy Villamil y Jahaziel David Amaya Bayona

## Resumen

La urgente necesidad de descarbonizar la matriz energética mundial ha impulsado la búsqueda de vectores energéticos sostenibles, destacándose el hidrógeno como una pieza clave para el futuro. No obstante, el beneficio ambiental del hidrógeno depende directamente de la materia prima utilizada para generarlo. En este contexto, la producción de hidrógeno a partir del reformado autotérmico de bioetanol se presenta como una alternativa tecnológica altamente prometedora frente a los métodos convencionales basados en hidrocarburos. A diferencia de los recursos fósiles, el bioetanol es una fuente completamente renovable que se obtiene a partir de la fermentación de biomasa, como los residuos agrícolas y la caña de azúcar.

La principal ventaja ambiental de emplear bioetanol radica en su profundo potencial para alcanzar la neutralidad de carbono. Al aprovechar flujos orgánicos agroindustriales, las emisiones generadas durante el proceso de producción son mitigadas, ya que se insertan en el ciclo natural del carbono absorbido previamente por las plantas durante su crecimiento. Adicionalmente, el bioetanol destaca por su baja toxicidad frente a otros precursores químicos, lo cual reduce drásticamente el impacto nocivo sobre los ecosistemas circundantes en caso de incidentes. A nivel operativo, su estado líquido a temperatura ambiente facilita enormemente su manipulación, garantizando un transporte y almacenamiento mucho más seguros y de menor riesgo ambiental.

Finalmente, la transformación de este recurso mediante el proceso de reformado autotérmico permite producir hidrógeno de manera eficiente operando en un rango de temperaturas moderado, específicamente entre los 300 °C y 600 °C. Esta optimización térmica, sumada a la alta versatilidad y disponibilidad del bioetanol en territorios con vocación agrícola, consolida a esta ruta como una solución estratégica. De este modo, se logra generar un combustible limpio y de alto rendimiento que promueve la sostenibilidad, cerrando el ciclo de la biomasa sin depender de la explotación fósil.

**Palabras clave:** hidrógeno; bioetanol; reformado autotérmico; reactor 2D; biomasa; descarbonización.

# Nuevos Materiales, Nanotecnología y Descontaminación

---

---

# Evaluación del retamo espinoso (*Ulex europaeus*) como alternativa de coagulante natural para el tratamiento del agua

---

**Autor:** Javier Santana

## Resumen

El retamo espinoso (*Ulex europaeus*) está catalogado como una de las especies vegetales más invasoras y agresivas, afectando gravemente ecosistemas estratégicos como los Cerros Orientales de Bogotá. Su alta tasa de propagación y su capacidad para desplazar a las especies nativas generan una profunda alteración en la estructura biológica de los territorios, modifican los ciclos hidrológicos e incrementan drásticamente el riesgo de incendios forestales. Tradicionalmente, no se contaba con un procedimiento claro para su eliminación o control, y mucho menos se le habían identificado usos prácticos, lo que convertía a esta planta en un pasivo ambiental inmanejable.

Frente a esta crítica problemática, la investigación liderada por Javier Santana desde el Semillero SIGMA propone una innovación excepcional: transformar esta amenaza ecológica en una herramienta de remediación ambiental. La estrategia consiste en aprovechar la biomasa del retamo espinoso para desarrollar un coagulante natural destinado al tratamiento de aguas residuales y afluentes con contenidos contaminantes. Este enfoque cambia radicalmente el paradigma de gestión, pasando de la simple erradicación y quema de una maleza, a la valorización inteligente de un recurso orgánico bajo los principios de la sostenibilidad.

Las pruebas demostraron que el producto extraído de esta especie invasora posee excelentes propiedades coagulantes, logrando remover de manera efectiva la turbidez y clarificando las muestras de agua tratada. Esta alternativa tecnológica ofrece un doble beneficio ambiental sin precedentes: por un lado, proporciona a la industria un insumo natural para la descontaminación hídrica que puede sustituir a los químicos convencionales; y por otro, incentiva la recolección continua y el control poblacional del retamo espinoso, contribuyendo directamente a la restauración ecológica y protección de los bosques nativos.

**Palabras clave:** retamo espinoso; *Ulex europaeus*; coagulante natural; tratamiento de aguas; especie invasora; valorización de biomasa.

---

## Valorización de residuos y economía circular desde la investigación aplicada: experiencias del grupo CGI-SENA

---

**Autores:** Grupo CGI-SENA / Semillero SIGMA

### Resumen

El Grupo de Investigación CGI-SENA ha consolidado un ecosistema integral para liderar la transición hacia la economía circular, enfocándose en la valorización de residuos a través de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico. Su estrategia se fundamenta en articular las necesidades del sector productivo con soluciones de ingeniería, haciendo uso de espacios especializados, como laboratorios de economía circular —equipados incluso con modelos de gemelos digitales— y tecnoparques. Esta infraestructura permite transformar desechos urbanos y agroindustriales en nuevos materiales, particularmente en el campo de los plásticos y biopolímeros, impulsando un modelo que integra la formación técnica, la innovación y el apoyo social, incluyendo la capacitación formal de recicladores de oficio.

El impacto de esta investigación se evidencia en casos de emprendimiento sostenibles altamente exitosos que han logrado reincorporar flujos residuales a la cadena comercial. Entre ellos destaca BIOBRIQ, una iniciativa que formula briquetas energéticas a partir de residuos orgánicos crudos, ofreciendo una alternativa térmica limpia que sustituye la explotación maderable y el uso de carbón vegetal. Por su parte, el proyecto Rosbio aprovecha la agroindustria floricultora —que desaprovecha cerca de 25.000 toneladas anuales de biomasa— para fabricar paneles decorativos termoacústicos; estos elementos, 100% biobasados y compostables, brindan aislamiento climático a las viviendas y evitan la huella de carbono asociada a los plásticos convencionales. Igualmente notable es el proyecto Tapitas x Patitas, el cual ha logrado recuperar más de 220 toneladas de polipropileno extruyendo y peletizando tapas plásticas para inyectar nuevos recipientes y accesorios. Esta iniciativa no solo cierra el ciclo del plástico, sino que financia el cuidado de cientos de animales rescatados y ha educado a más de 35.000 niños en protección ambiental.

Finalmente, el impacto general en la circularidad de nuevos materiales se fortalece mediante la labor del Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales (SIGMA), respaldado por el SENA, el cual ha generado más de 60 productos de innovación técnica y social. Sus desarrollos recientes abarcan desde la creación de empaques bioactivos formulados con residuos orgánicos de plazas de mercado para prolongar la vida de los alimentos, hasta la obtención de enzimas y bioinsumos de interés industrial para el tratamiento de aguas. En definitiva, las experiencias del CGI-SENA demuestran que la investigación aplicada es un catalizador fundamental: no solo mitiga la contaminación, sino que transforma la “basura” en productos competitivos, fomenta el emprendimiento verde y materializa soluciones climáticas y socioeconómicas para el país.

**Palabras clave:** economía circular; investigación aplicada; valorización de residuos; CGI-SENA; Semillero SIGMA; emprendimiento verde.

# Inocuidad, Sociedad y Campus Sostenibles

---

---

## Gestión de residuos. Líneas estratégicas y sinergias

---

**Autores:** Equipo División de Logística. Jefe: Zulma Yolima Garzón

### Resumen

La gestión integral de residuos en un entorno tan complejo como el campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, trasciende la simple recolección y disposición operativa de cientos de miles de kilogramos de materiales. Si bien la institución cuenta con una robusta infraestructura logística y personal especializado para manejar desde desechos biológicos y químicos hasta residuos ordinarios, el verdadero valor de este modelo no radica únicamente en el rigor técnico o en el cumplimiento normativo ambiental. Su enfoque estratégico se centra en entender que una gestión eficiente debe ser un catalizador para generar un profundo valor ambiental, académico y social.

En este escenario, la apropiación social del conocimiento se convierte en el pilar fundamental para que las políticas de economía circular no se queden en los centros de acopio, sino que lleguen verdaderamente a la comunidad. La universidad ha logrado transformar aquello que tradicionalmente se descarta —como plásticos, chatarra, maderas y componentes electrónicos— en materias primas valiosas que alimentan la creatividad y la formación práctica. Al integrar estos materiales recuperados directamente en los proyectos académicos de áreas como la Arquitectura, las Artes y el Diseño Industrial, se facilita que los estudiantes y docentes materialicen la innovación aplicada, interiorizando la circularidad en su vida diaria y profesional.

Finalmente, la divulgación y socialización de estas prácticas garantizan que los beneficios de la investigación y la gestión ambiental impacten de forma tangible a la sociedad. Un claro ejemplo de esta transferencia de conocimiento es la transformación de toneladas de residuos orgánicos en compost de alta calidad. Este material no se oculta, sino que se reintegra abiertamente en jornadas de siembra, mantenimiento de invernaderos y proyectos de la Facultad de Ciencias Agrarias, funcionando como un aula viva. Al hacer visible el cierre del ciclo de los materiales, se fortalece la cultura ambiental ciudadana, demostrando que los residuos pueden dejar de ser un problema para convertirse en recursos estratégicos que empoderan la educación, la investigación y el desarrollo colectivo.

**Palabras clave:** gestión integral de residuos; economía circular; apropiación social del conocimiento; Universidad Nacional de Colombia; logística ambiental; compostaje.

---

## Residuos como productos valiosos: inocuidad y costo invisible de contaminantes emergentes

---

**Autores:** Angela Adriana Ruiz Colorado y Francisco José Valencia Alaix

### Resumen

La transición hacia una economía circular promete transformar los residuos en nuevos productos de alto valor, pero este proceso conlleva un peligro invisible si no se gestiona adecuadamente: la falta de inocuidad. Reutilizar materiales sin verificar que estén libres de peligros puede desencadenar un fenómeno conocido como la “circularidad del riesgo” o “contaminación circular”. Esto significa que, en lugar de solucionar un problema ecológico, el reciclaje masivo sin precaución puede terminar transfiriendo de manera involuntaria contaminantes desde los desechos hacia nuestros suelos, las fuentes de agua y, finalmente, a nuestros alimentos.

Un ejemplo claro de este riesgo se observa en el aprovechamiento de lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua, los cuales, si no se controlan, actúan como un vehículo directo para “sembrar” microplásticos en la tierra. Del mismo modo, los residuos de construcción, industriales y orgánicos pueden esconder amenazas químicas invisibles, tales como metales pesados, sustancias persistentes, como los PFAS o retardantes de llama, e incluso componentes que generan resistencia a los antibióticos. Si estos flujos se reincorporan al mercado sin controles mínimos para bloquear los riesgos —como el uso de barreras químicas, separación en la fuente o pruebas de lixiviación—, los productos resultantes se convierten en un peligro latente.

En definitiva, el verdadero valor de un residuo recuperado se define por una ecuación en la que el producto debe estar acompañado de evidencia científica que garantice su trazabilidad y seguridad. Ignorar la gestión de estos contaminantes emergentes genera un grave “costo de inacción” que se traduce en inmensos pasivos económicos para las empresas. Estos pasivos incluyen la necesidad futura de pagar por remediaciones ambientales, enfrentar duras sanciones regulatorias y sufrir la pérdida de acceso a los mercados. Por lo tanto, garantizar la seguridad sanitaria desde el inicio es el requisito fundamental para que la valorización de residuos deje de ser un riesgo y sea una solución genuinamente sostenible.

**Palabras clave:** inocuidad; contaminantes emergentes; economía circular; circularidad del riesgo; valorización de residuos; trazabilidad.

---

# El Bio-campus como Aula Total y Laboratorio de Ciudadanía

---

**Autor:** Hernán Gustavo Cortés Mora

## Resumen

El concepto de “Biocampus”, impulsado por la Oficina de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional, propone una profunda transformación del entorno universitario al concebir el campus como un “Aula Total” y un “laboratorio de ciudadanía”. Bajo esta visión, la infraestructura física trasciende su función tradicional para convertirse en un “tercer maestro”, un ecosistema vivo donde se promueve la sustentabilidad, la formación ética y la participación activa de toda la comunidad. Esta apuesta busca consolidar la dimensión ambiental como un bien común, integrando el cuidado de la vida y el territorio directamente en las funciones misionales de la institución para forjar un aprendizaje social continuo.

En términos de sostenibilidad, el Biocampus materializa los principios de la economía circular y la soberanía alimentaria a través de la estrategia “del campus a tu mesa y del plato al surco”. Este modelo de circuito cerrado permite que los espacios universitarios funcionen como “aulas vivas” —incluyendo huertas, plantas de compostaje y jardines de polinizadores— destinadas a la producción responsable de alimentos. En este ciclo, los residuos orgánicos generados en los comedores y las zonas verdes no se descartan como basura, sino que pasan por una “segregación de precisión” para ser transformados en bioinsumos de alta calidad; de esta manera, se sustituyen los fertilizantes sintéticos, se regeneran los suelos y se reduce drásticamente la huella de carbono institucional.

Finalmente, el éxito de este entorno vivo radica en la gobernanza ambiental y la apropiación social mediante la participación interdisciplinaria. El proyecto articula a diversas facultades —desde Ciencias Agrarias e Ingeniería hasta Artes, Medicina y Ciencias Humanas— para que aporten soluciones aplicadas en tiempo real, abarcando desde la automatización de sistemas y el control de patógenos, hasta el rediseño de hábitos de consumo. A través de asignaturas integradas, trabajos de grado y redes de voluntariado, la gestión ambiental deja de ser un simple servicio operativo para convertirse en un patrimonio educativo colaborativo, demostrando que la protección del medio ambiente es una responsabilidad compartida que empodera a los estudiantes como ciudadanos críticos.

**Palabras clave:** Biocampus; Aula Total; sostenibilidad universitaria; economía circular; ciudadanía ambiental; bioinsumos.

---

# Aplicación de estrategias de apropiación social del conocimiento

---

**Autores:** Javier Enrique Santana y Semillero SIGMA

## Resumen

El Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales (SIGMA), vinculado al SENA, ha liderado desde 2016 numerosos proyectos de I+D+i enfocados en la sostenibilidad ambiental y la economía circular. Sin embargo, la premisa central de su labor investigativa radica en que el desarrollo de soluciones técnicas —como manuales, prototipos o artículos científicos— resulta insuficiente si este conocimiento se queda confinado en los laboratorios. Para lograr una verdadera transición productiva, el grupo considera indispensable la ejecución de estrategias de apropiación social del conocimiento, garantizando que los avances investigativos superen la barrera académica y lleguen efectivamente a las comunidades, las empresas y el público general.

Para construir este puente de transferencia entre la ciencia y la sociedad, el semillero ha diseñado un robusto portafolio de divulgación que traduce la complejidad de los proyectos a un formato accesible. Su herramienta más destacada e innovadora es “SIGMA El Podcast: Sembrando ideas, cosechando futuro”. Con más de 17 episodios publicados y superando las mil reproducciones en plataformas como Spotify, este canal ha logrado conectar de manera exitosa con una audiencia compuesta principalmente por jóvenes y adultos, entre 18 y 34 años, democratizando las discusiones sobre química, medio ambiente e industria en el entorno digital.

Esta apuesta comunicativa se complementa con una presencia altamente activa en redes sociales, como Instagram, LinkedIn y YouTube, a través de las cuales han publicado decenas de videos y contenidos que alcanzan miles de impresiones orgánicas e interacciones directas con la ciudadanía. El resultado de esta apertura ha sido sumamente tangible: la participación en más de 20 eventos y la capacitación y certificación de cientos de personas, impactando directamente a emprendedores sostenibles de la región. En definitiva, el modelo del Semillero SIGMA demuestra que la divulgación rigurosa y creativa es el motor que transforma la investigación en una herramienta de empoderamiento social y cambio ecológico real.

**Palabras clave:** apropiación social del conocimiento; Semillero SIGMA; divulgación científica; economía circular; sostenibilidad ambiental; transferencia de conocimiento.