Tecnológico de Antioquia
Institución Universitaria
VIGILADA MINEDUCACIÓN

SELLO EDITORIAL TdeA

Memorias Segundo Congreso Internacional Objetivos de Desarrollo Sostenible

Desarrollo sostenible, comunidades sostenibles, clima y ecosistemas, esfuerzos ODS, otros. / Comité organizador Segundo Congreso Internacional Objetivos de Desarrollo Sostenible. Desarrollo sostenible, comunidades sostenibles, clima y ecosistemas, esfuerzos ODS, otros. Medellín, octubre 19, 20 y 21 de 2022.

Primera edición. Medellín: Sello Editorial Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, 2023

408 páginas

E - ISSN: 2981-5096

Desarrollo sostenible - Aspectos socioeconómicos. Desarrollo sostenible - Congresos, conferencias, etc. Medio ambiente - Planificación de la salud - Desarrollo económico y social -

CDD: 333.7

Catalogación en la publicación Biblioteca Humberto Saldarriaga Carmona

Memorias 2do Congreso Internacional Objetivos de Desarrollo Sostenible

E- ISSN: 2981-5096

© Tecnológico de Antioquia

Corrección de estilo, diseño, diagramación e impresión:
Divegráficas S.A.S.
divegraficas@gmail.com

Primera edición: Junio, 2023
Edición virtual
Periodicidad bienal

© Sello Editorial
Tecnológico de Antioquia
Calle 78b # 72A - 220
(+604) 444 3700
Medellín – Colombia

Los contenidos son responsabilidad exclusiva de sus autores. Obra protegida por el derecho de autor. Queda estrictamente prohibida su reproducción, comunicación, divulgación, copia, distribución, comercialización, transformación, puesta a disposición o transferencia en cualquier forma y por cualquier medio, sin la autorización previa, expresa y por escrito de su titular. El incumplimiento de la mencionada restricción podrá dar lugar a las acciones civiles y penales correspondientes.

© 2023 Todos los derechos de autor reservados.

MEMORIAS

Universidades organizadoras

Tecnológico de Antioquia I.U.

Universidad de Sonora

Universidad Santo Tomás
Seccional Tunja

Institución Universitaria Colegio
Mayor de Antioquia

Universidad San Buenaventura
Cartagena

Universidad de Antioquia

Comité organizador

Adriana Osorio
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Andrés Felipe Montoya Rendón
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Luis Fernando Gómez
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Ramón Alfonso Moreno Corral
Universidad de Sonora

Isabel Narváez
Universidad El Bosque

Juan Felipe Marín
Institución Universitaria Colegio
Mayor de Antioquia

Hernando Avella
Universidad Santo Tomás Tunja

Lorena Armenta
Universidad de Sonora

Lizeth Álvarez Salas
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Ainhoa Rubio Clemente
Universidad de Antioquia

Daniel Nisperuza
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Leidy Hoyos Giraldo
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Karina Ríos
Universidad de San Buenaventura
Cartagena

Comité científico

Kellys Salcedo
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Leyla Jaramillo
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Ma. Elisa Martínez
Universidad de Sonora

Lina Patricia Vega
Universidad Santo Tomás

Clara Rosalía Álvarez Chávez
Universidad de Sonora

Juana Alvarado
Universidad de Sonora

Nora Munguía
Universidad de Sonora

Juan David Correa
Institución Universitaria Colegio
Mayor de Antioquia

Sergio Upegui Sosa
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Carolina García Ávila
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Laura Marcela Trujillo Vargas
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Dorcas Zúñiga Silgado
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Yudy Andrea Londoño
Universidad de Antioquia

Lizeth Álvarez Salas
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Catalina Rodríguez
Universidad de Antioquia

Karina Ríos
Universidad de San Buenaventura Cartagena

Carlos Álvarez
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Ainhoa Rubio Clemente
Universidad de Antioquia

Henry Zúñiga Benítez
Universidad de Antioquia

Daniel Nisperuza
Tecnológico de Antioquia - I.U.

Leidy Hoyos Giraldo
Tecnológico de Antioquia - I.U.

MEMORIAS

Autores

Andrea de la Cruz Buendía
Juana Alvarado Ibarra
Heidy Burrola Núñez
Clara Rosalia Álvarez Chávez
David Slim Zepeda Quintana
Kimberly Xiomara Góez-Sauceda
Brenda Michell Guzmán-Rojas
Santiago Vásquez Sogamoso
Álex Andrés Murillo Villamizar
Uriah Aron Bush Felipe
José Luis Rodríguez Castilla
Luis Carlos Díaz Muegue
Luis Carlos Angulo Argote
Eva Sandrith Baquero Ramírez
Gustavo A. Peñuela Mesa
Diana C. Rodríguez Loaiza
Ester Lucía Rojas Arenas
Laura Marcela Trujillo-Vargas
Andréa Monsalve Castrillón
Juan Felipe Santa Marín
Claudia Patricia Betancur Henao
Robison Buitrago Sierra
Erasmo A. Villaseñor
Lleison Lopera
Laura García
Milena Ocampo
Alfredo Hernández
Alba N. Ardila A.
Edna Margarita Rodríguez-Gaviria
Luis Alejandro Rivera-Flórez
Cinthia Fabiola Ruiz-López
Concepción Alvarado-Rosas
José María León-Villalobos
José Manuel Madrigal-Gómez
Paula T. García-Amado
Ximena P. Reatigui-Mateus
Lina P. Vega-Garzón
María Paula Echeverria
Leidy A. Hoyos Giraldo
Carolina Villa
Sebastián Montoya
Germán Alonso Rojas López
Sara Ramírez Silva
Valentina Palacio Muriel
Paula Andrea Manco Alcaraz
Stefany Restrepo Buriticá
Juan David Correa Estrada
Rafael Santiago Cárdenas-Sierra
Henry N. Zúñiga-Benítez
Andrés Felipe Montoya Rendón
Sergio Humberto Valencia Hurtado
Alejandra Díaz Gómez
Giovanny Sandoval-Montoya
Andrés Julián Londoño
Manuel Romero-Sáez
Carolina Ramírez-Sánchez
Alejandro Ramírez Marín
Luz M. Ocampo-Carmona
David. A Ortiz-Muñoz
Alfonso Talavera-López
Alejandro David Ortiz Marín
Juan F. López-Rivas
Nicolás Ruiz-Restrepo
Mike Vásquez Vásquez
Rodolfo Mira Betancur
Juan David Parra Quintero
Ainhoa Rubio-Clemente
Edwin Lenin Chica Arrieta
David Duque Uribe
Néstor D. Montiel Bohórquez
Juan F. Pérez
Laura Velásquez
Lina M. Puerta Guiral
Daniel A. González Restrepo
Mary Luz Vélez Restrepo
Laura Colorado Arango

Adriana Marcela Osorio Correa
Luis Esteban Vásquez Castañeda
Mildred Xiomara Arias-Arias
María Natalia Úsuga-Sepúlveda
Nicolás Steven Pardo-Álvarez
Jenny Marcela Sánchez-Montes
Sergio Andrés Arboleda-López
Diego F. García
Diana C. Gómez
Jaime R. Lache
Elisa M. Avellaneda-Díaz
Laura N. Castiblanco-Aranzalez
Diego Andrés Arteaga Zanguña
Laura Natalia Patiño Gómez
Faber Esneider Villa-Cardona
Juan Carlos Vera-Correa
Sebastián Moreno Marín
Juan Pablo Mejía-Hernández
Leidy Monsalve Escudero
Kelly Leani Quintero García
Daniela López Rugeles
Harlem Acevedo Agudelo
Johan Steven Valencia Duarte
Jesús Darío Hernández Ciro
Hely Johana Restrepo G.
Efraín Enrique Villegas González
Laura Stefany Escobar Barragán
Kelly Cassandra Ochoa Cabrera
María del Rosario Robles-Robles
Sandra Milena Silva Arroyave
Carlos Andrés Medina Restrepo
Marissa Montserrat Ibarra Gallardo
Wílder Álvarez Cisneros
Laura Ramírez Wilches
Arley Reales Ruiz
Jorge Castellón
Edison Zuluaga Hernández
Mariagrazia Leonardi
Jair Alberto Correa Verdeza
Juan José Ochoa Valbuena
Jhon Jairo Vallejo Botero
Óscar Felipe Arbeláez Pérez
David Slim Zepeda Quintana
Claudia Jayné Falcón-Pérez
Katherine Estrada Vargas
Yineth Arinda Cumplido Botello
Luis Fernando Gómez Echeverri
Cristian Camilo Pérez Sepúlveda
Eliana Berrio-Mesa
Santiago A. Bedoya-Betancur
Ana María Basto Pulido
Yuddy Alejandra Castro Ortegón
Zeidy Juliette Rivera Perilla
Natalia Melissa Vega Piracón
David González-Cuenca
Patricia Rodríguez-Sánchez
Gina Katerin Reyes Garavito
Juliana Valentina Suárez Alfonso
Laura Victoria Jiménez Córdoba
Eliana Fernanda Contreras Guerrero
Lina Marcela Sánchez Vásquez
Sebastián Saavedra Martínez
Ángela María Sastoque Salcedo
Santiago Correal Cortés
Juan Pablo Rivera Avila
David González-Cuenca
Hernán Loaiza Sánchez
Juan Sebastián Cuello Otero
Leidy A. Hoyos Giraldo
Maurin Salamanca Guzmán
Urías Montiel-Álvarez
Natalia Andrea Gómez
Diana Marcela Escobar
Elizabeth Carvajal- Flórez
Laura V. Clavijo Rodríguez
Kevin A. Suárez Higuita
Lina Juliana Castillo Alarcón
Iván Pirazán
Ronal Sierra- Parada
Daniela Resende de Faria

MEMORIAS

Priscila Pereira Coltri
Angie L. Muñoz-Espinosa
Robinson A. Navarrete-Sánchez
Mariana Bermúdez Usma
Yesid Tamayo Londoño
Hernán D. Salas
Alejandro Builes-Jaramillo
Sandra Zuliani Coletti
Carlos Alberto Zarate Yepes
Ángela María Zapata Guzmán
María Jacoba Salinas Bonillo
Javier Cabello Piñar
Andrés Felipe Rivera Gómez
Iván Gustavo Pirazán Cuervo
Jonnathan Abdul Rincón Díaz
Joan Amir Arroyave Rojas
Andrea Anchila-Arteaga
Natalia Andrea Arboleda-López
Sara Paola Vergara-Echeverri
Yésica Gómez Jaramillo
Lina Berrouet Cadavid
Linda Berrío Giraldo
Clara Villegas Palacio
Andrea Carolina Corzo Díaz
Sonia Marcela Martínez Ardila
Paula Juliana Moreno Huertas
Laura Arroyave Acevedo
Carolina García Ávila
Inés Elvira Osorio Giraldo
Edison Fabián Silva-Lozano
Pamela Andrea Rojas-Mendoza
Camilo Andrés Roa-Fuentes
Yimy Herrera-Martínez

Presentación

El Congreso Internacional Objetivos de Desarrollo Sostenible es un evento organizado por el Tecnológico de Antioquia I.U., la Universidad de Sonora, la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, la Universidad El Bosque, la Universidad San Buenaventura y la Universidad de Antioquia. En su segunda edición, realizada los días 19, 20 y 21 de octubre de 2022 en la ciudad de Medellín, Colombia, los ejes temáticos fueron nueve de los 17 objetivos planteados por la Organización de las Naciones Unidas. Estos fueron:

Objetivo 3. Salud y bienestar
Objetivo 6. Agua limpia y saneamiento
Objetivo 7. Energía asequible y no contaminante
Objetivo 9. Industria, innovación e infraestructura
Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles
Objetivo 12. Producción y consumo responsables
Objetivo 13. Acción por el clima
Objetivo 14. Vida submarina
Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres

Las memorias están organizadas según el orden de estos objetivos, en cada uno de los cuales se encuentran las ponencias relacionadas.

Comité Organizador
II Congreso Internacional Objetivos de Desarrollo Sostenible

Contenido

Presentación 9

ODS 3. Salud y bienestar 19

Zeolitas y su aporte al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible: revisión literaria 21

Rasgos funcionales y su influencia en la circulación de metales pesados en el bosque urbano del Colegio Mayor de Antioquia 25

Indagación del estado de la eduación ambiental desde la percepción docente: una herramienta para la aplicación de los ODS en contextos escolares rurales. 31

Análisis de la dispersión de contaminantes criterio (Co, No_x y Pm_{10}) y gases de efecto invernadero (CO_2 y CH_4) emitidos por fuentes móviles en tres vías principales de la ciudad de valledupar implementando el modelo HYSPLIT. 37

Revisión sobre la evaluación de tecnologías de oxidación avanzada y tratamiento biológico para remover compuestos orgánicos perfluorados 43

Evaluación de la Degradación de Diclofenaco y Carbamazepina en un Reactor Anaerobio de Lecho de Lodo Granular Expandido (EGSB) y un Reactor Aerobio Secuenciado por Lotes (SBR) 49

Síndrome de burnout en profesionales encargados de la atención a familias afectadas por SARS-CoV-2 (COVID 19), en la ciudad de Medellín..... 59

Polipropileno modificado con materiales nanoestructurados para aplicaciones bactericidas..... 63

Remoción de metales pesados de un agua residual no doméstica real usando un filtro de biochar de residuos de banano 67

ODS 6. Agua limpia y saneamiento 71

Seguridad hídrica en las periferias de ciudades en américa latina: aportes para el ordenamiento territorial en México y Colombia..... 73

Remoción de azul de metileno en solución por medio de microalgas..... 77

Biorremediación de aguas residuales producto de la coloración de flores, empleando microorganismos 81

Caudalimetro IoT..... 85

Remoción del antibiótico doxiciclina empleando ultrasonido de baja frecuencia 89

Implementación de un sistema de economía circular para pequeñas poblaciones, caso de estudio municipio Entrerrios Antioquia..... 93

Recuperación de cobre a partir de aguas contaminadas con el complejo CU-EDTA mediante un método electroquímico..... 97

Evaluación de la actividad fotocatalítica de materiales obtenidos a partir de efluentes de decapado de la industria de galvanizado 101

Eliminación de antibióticos mediante el uso de tecnologías avanzadas de oxidación basadas en ultrasonido en agua residual hospitalaria simulada 109

Efecto de la aplicación de ozono como preoxidante en el proceso de potabilización en la planta San Nicolás 115

ODS 7. Energía asequible y no contaminante 119

Numerical simulation of air chamber of an oscillating water column 121

Cogeneración de energía a partir de la biomasa residual producida en la nueva zona norte de Medellín ... 125

Evaluación experimental de una turbina hidráulica de vórtice de gravitacional con cámara de circulación cónica y canal de entrada envolvente 131

Análisis técnico-económico del proceso tradicional de secado de cacao..... 135

Análisis numérico de una turbina tipo sifón 139

Caracterización de un modelo a escala de turbina hidrocinética de eje vertical tipo Gorlov mediante simulaciones CFD - 6-DOF 143

Desarrollo sostenible inclusivo mediante la eficiencia energética..... 149

Análisis de los impactos ambientales asociados a la generación de electricidad mediante turbinas tipo sifón en sistemas lóticos colombianos 153

Producción de conidias de aspergillus níger para la obtención de lipasa extracelular y extracción de aceites microbianos potenciales para la obtención de biodiesel.. 157

Influencia de la radiación microondas sobre el índice de trabajo de bond para la molienda del coque metalúrgico 163

Adsorción de cobre (II) usando residuos de la molienda de coque metalúrgico 167

ODS 9. Industria, innovación e infraestructura..... 171

Construcción del plan comunitario de gestión del riesgo de desastres para el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria de la vereda La Clara, Caldas, Antioquia. 173

Análisis de la relación entre la disminución de la huella de carbono y el cumplimiento de la resolución 1257 de 2021 en las etapas de materiales y transporte de una edificación en Medellín 177

Formulación de una modelo de negocio desde la producción de biomateriales a base del micelio de los hongos en el departamento de Boyacá 181

Guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales adaptada a las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia..... 185

Extracción del hierro a partir de hematita mediante el uso de bacterias 191

Desarrollo de concretos de bajo impacto ambiental a partir de aditivo superplastificante y el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición de concreto (C-RCD) 195

Estrategias para la reducción de la huella de carbono asociada al consumo de materiales en una vivienda en Medellín..... 199

Elaboración de placas livianas a partir del aprovechamiento de rcd de yeso, como alternativa sostenible para la industria de la construcción 205

Implementación de un método eficiente, simple y económico para la extracción de fibras de celulosa de residuos de pseudotallo de banano y su aplicación en la industria papelera 209

Elaboración de ladrillos con aditivos de cannabis 213

ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles 217

Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en los reciclacentros de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México 219

Es posible el desarrollo sostenible en la minería: el caso "Las chispas" en Arizpe, Sonora 223

Estrategia para promover el desarrollo de la gobernanza ambiental del municipio de Medellín: construcción de lineamientos sobre gobernanza ambiental en la educación 229

Sobre los factores físicos-sociales del espacio público para personas mayores: preliminares 237

Optimización del tiempo de compostaje de residuos lignocelulósicos y orgánicos por medio de bacterias ambientales en la universidad de San Buenaventura seccional Cartagena 241

Dreaming of urban green spaces 245

Evaluacion de la resistencia y la ecoeficienciade hormigones modificados con ceniza de cáscara de huevo 251

Percepción comunitaria del turismo sostenible en bahía de Kino, Sonora 257

Construcción de un biorreactor semiautomatizado para compostaje en los hogares 263

Análisis de la implementación de la política de gestión del riesgo de desastres a partir de los instrumentos de planificación y planeación del desarrollo de los departamentos del territorio nacional. 267

Diagnóstico del impacto de la disminución del uso del mercurio en la extracción de oro en el municipio de Remedios - Antioquia 271

Análisis de las pérdidas de materiales y energía en un proceso de reciclaje de poliestireno expandido a nivel industrial con un enfoque de economía circular 275

ODS 12. Producción y consumo responsables..... 281

Formulación de un plan de educación para el desarrollo sostenible basado en el enfoque de los servicios ecosistémicos que aporte en los propósitos de conservación in situ del Parque Natural Regional Serranía de las Quinchas (PNRSQ) 283

Elementos de políticas públicas en colombia para la sostenibilidad del sector manufacturero del Valle de Aburrá y Sabana Centro 287

Plan de intervención empresarial sostenible de la finca cacaotera la esperanza del municipio de Miraflores, Boyacá. 295

Reportes s integrados en el marco de los ODS 299

Eficiencia de sustratos orgánicos alternativos como sustitutos de la turba en la plantulación de tomate 303

Producción sostenible y gestión de residuos en empresas de Antioquia 309

Obtención de materiales carbonosos a partir de residuos de cáscaras de plátano y aguacate con aplicación potencial como material adsorbente 315

Recubrimiento a base de almidón de plátano residual..... 321

Evaluación de la eficiencia de descomposición de diferentes tipos de residuos orgánicos generados en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín a través de la técnica de pacas biodigestoras..... 325

ODS 13. Acción por el clima 329

Análisis multitemporal de la transformación de la cobertura boscosa y su incidencia en el potencial de captura de carbono para la zona de amortiguación del Parque Natural Regional Serranía de las Quinchas..... 331

Gamification as didactic-pedagogical strategy for sustainability education 337

Enfrentando el cambio climático en las laderas de Medellín: experiencia de la mesa de atención y recuperación del pacífico 341

Caracterización del disturbio en el ecosistema bosque basal húmedo presente en áreas de restauración ecológica del departamento del Guaviare a través de un análisis multitemporal 345

Necesidad de la corrección de sesgos en la precipitación simulada por los modelos climáticos CMIP para la cuenca del Río Guaviare (Colombia)..... 349

Desplazamiento ambiental por desastres naturales asociados a la variabilidad climática en Antioquia – Colombia 353

ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres 357

Páramos andinos: ecología, biodiversidad y ontribuciones al bienestar humano 359

Construcción de una paz ambiental desde la gobernanza y la ética ambiental para el cuidado del páramo La Cortadera, Siachoque, Boyacá 371

Árboles dispersos en paisajes modificados del Magdalena medio aportan en la entrada de ortofosfato al suelo a través de los flujos de partición de la precipitación. 375

Comparación de lodos industriales como sustratos en el desarrollo de plántulas de café 381

Evaluación de la sostenibilidad de sistemas socio-ecológicos en cuencas hidrográficas 385

Beneficios de la clinoptilolita colombiana en la germinación de maíz (*Zea Mays l.*) en suelo arcilloso 389

Evaluación de la biofertilización a través de un consorcio microbiológico 393

Los peces como herramienta para la enseñanza de la ecología en educación básica secundaria 399

Variación de la dieta de la especie exótica invasora trucha arcoíris (*Oncorhynchus Mykiss* Walbaum, 1792) en relación al tamaño corporal, en un río altoandino neotropical 403

ODS 3. Salud y bienestar

Zeolitas y su aporte al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible: revisión literaria

Andrea de la Cruz Buendía[1*], Juana Alvarado Ibarra[1,2], Heidy Burrola Núñez[3], Clara Rosalía Álvarez Chávez[1,4], David Slim Zepeda Quintana[1]

[1]Posgrado en Sustentabilidad, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, [2]Departamento de Investigación de Polímeros y Materiales, Universidad de Sonora, [3]Universidad Estatal de Sonora, [4]Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad de Sonora

El objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento científico sobre las bondades de las zeolitas para su uso en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se realizó una revisión sistemática en el índice de citas de literatura Scopus, teniendo como guía las etapas de documentación (Cabezas Mejía *et al.*, 2018, pp. 63-86), y los aspectos de los "Elementos de información preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis" (PRISMA, por sus siglas en inglés). Los datos secundarios se recopilaron a través de artículos científicos y diversas fuentes relevantes disponibles en internet.

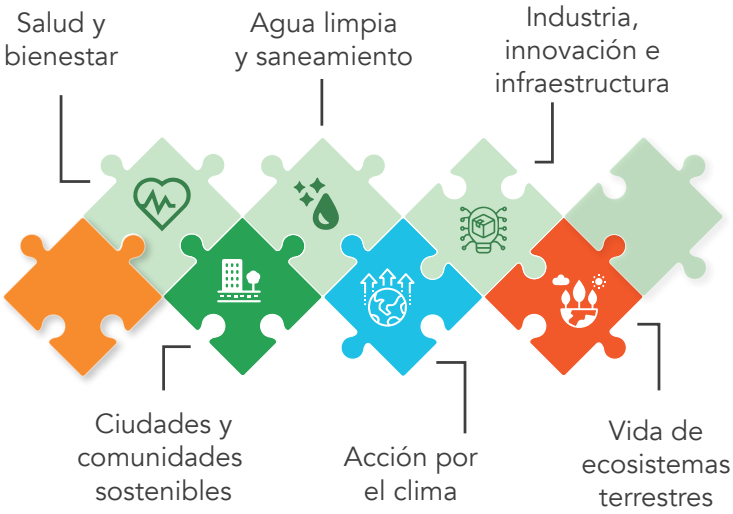
Los documentos fueron identificados a través de una combinación de búsquedas, utilizando palabras clave y términos en inglés y en español asociados con el tópico "zeolita" (*zeolite*, por su traducción al inglés). Estos incluían

"zeolitas naturales", "zeolitas sintéticas", "aluminosilicatos" y "mineral", así como términos asociados con los usos encontrados en la revisión preliminar, como "adsorbente", "biomédico", "remediación", "suelo", "agua", "metales pesados", "fenoles", "secuestro/captura de carbono", "fertilizante", "catalizador", "suplemento", "bio-gas", "combustibles", "material de construcción", "sustrato" y "mejorador", los cuales se enlazaron con los operadores booleanos AND y OR (Laurino y Palmieri, 2015). Se excluyó la literatura que no presentaba relación con las zeolitas, después de realizar una lectura del título, palabras clave y resumen. Se asignó una restricción de fecha de materiales publicados en el periodo 2006-2021, para reflejar la actualidad y el creciente interés por el tema. Por último, para elegir los textos coherentes con la revisión, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, considerando como criterios finales de inclusión la relevancia, la validez y el prestigio (Mensah, 2019).

Como resultado de la búsqueda inicial, se obtuvieron 55 986 referencias; sin embargo, con la aplicación de la selección y la elegibilidad de procesos detallada anteriormente, se identificaron 154 artículos para la recuperación de texto completo, de los cuales 68 cumplieron con los criterios finales de inclusión. La lectura detallada para extraer información pertinente de los textos completos mostró una relación con seis objetivos de la Agenda 2030, los cuales se muestran en la Figura 1. De igual modo, la amplia distribución de depósitos naturales de zeolitas (Costafreda Mustelier, 2018, Primera parte, pp. 20-41) ha permitido la expansión de las áreas de investigación y aplicación a nivel mundial con el paso de los años, aportando potencialmente al logro de las metas de los ODS y el desarrollo sustentable.

ODS 3. Salud y bienestar

Figura 1. *Aporte de las zeolitas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*



Fuente: Naciones Unidas (s.f.).

Agradecimiento

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca nacional para estudios de posgrado otorgada a la ingeniera Andrea de la Cruz Buendía (CVU 1074817) para la realización de esta investigación.

Referencias

Cabezas Mejía, E. D., Andrade Naranjo, D. y Torres Santamaría, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15424

Costafreda Mustelier, J. L., Martín Sánchez, D. A. y Costafreda Velázquez, J. L (Eds.). (2018). *Las zeolitas naturales de Iberoamérica*. Fundación Gómez-Pardo.

Laurino, C. y Palmieri, B. (2015). Zeolite: "the magic stone"; main nutritional, environmental, experimental and clinical fields of application, *Nutrición Hospitalaria*, *32*(2), 573-581. https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.2.8914

Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review, *Cogent Social Sciences*, *5*(1). https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

---

* e-mail: andreacb.irnr@gmail.com ; a220230099@unison.mx

Rasgos funcionales y su influencia en la circulación de metales pesados en el bosque urbano del Colegio Mayor de Antioquia

Kimberly Xiomara Góez-Sauceda*, Brenda Michell Guzmán-Rojas, Santiago Vásquez Sogamoso

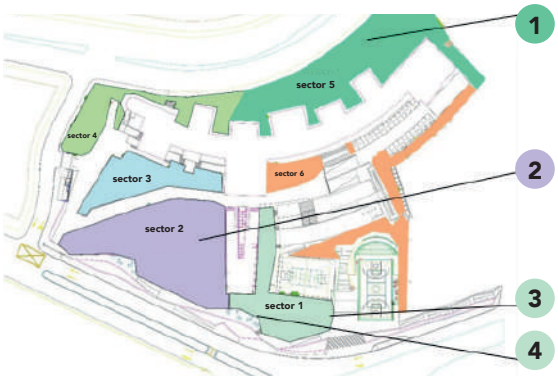
Grupo Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia

El objetivo del presente trabajo es evaluar la capacidad que tienen diferentes especies de árboles urbanos presentes en el bosque del Colegio Mayor de Antioquia (Figura 1) en la interceptación y circulación de cadmio (Cd) y plomo (Pb) al suelo. El alto incremento poblacional en las ciudades al norte de los Andes ha implicado un aumento en la urbanización, la industrialización y el parque automotor que ha elevado las emisiones de gases y contaminantes a la atmósfera, generando múltiples impactos en la salud pública y el medio ambiente. Esto, añadido a la condición de valle montañoso que caracteriza a ciudades como Medellín, determina las dinámicas de movimiento en las masas de aire que se transportan en la atmósfera, con la capacidad de condicionar la circulación de aerosoles y la calidad del aire en la ciudad. Se ha demostrado que los árboles urbanos tienen la capacidad de atrapar contaminantes y aerosoles de la atmósfera y que esta capacidad varía dependiendo de la configuración de rasgos que tenga cada una de las especies. Sin embargo, no se tiene mucho conocimiento de cómo los árboles urbanos pueden

transportar metales pesados al suelo a través de la relación con la precipitación, que permite su deposición en la superficie a través de los flujos de partición de la precipitación. Este estudio evalúa la importancia de los árboles urbanos y su capacidad para depositar metales pesados en el suelo. Instrumentamos 12 individuos de 4 especies de árboles urbanos: Guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), Guayacán de Manizales (*Lafoensia acuminata*), Mango (*Mangifera indica L.*) y Tulipán africano (*Spathodea campanulata*), como se ve en la Tabla 1, para medir los flujos de partición de la precipitación y evaluar el potencial que tienen para transportar cadmio y plomo al suelo. Se están desarrollando mediciones sobre siete rasgos funcionales: altura de la copa, área de la copa, densidad de la copa, área foliar, cobertura de epífitas, máxima retención de agua en la hoja y diámetro, para determinar su influencia en los flujos de metales que llegan a la superficie y potencialmente determinen una disminución en la carga de material que se mueve en la atmósfera. Además, se instaló una estación meteorológica en el sitio de estudio para observar cómo las características hidrometeorológicas de las semanas medidas pueden influir en las concentraciones de Cd y Pb que llegan al suelo. Al final de este estudio, se espera identificar los rasgos funcionales y las características hidrometeorológicas que mayor influencia presentan en la interceptación de cadmio y plomo y sirvan como un elemento importante en la selección de especies que ayuden en la interceptación y deposición de metales pesados en el suelo, aportando a la planificación del paisaje urbano, con implicaciones para la calidad del aire y la salud pública, física y ambiental, representando una contribución significativa al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3: salud y bienestar, y el ODS 15: vida de ecosistemas terrestres.

Figura 1. *Montaje experimental para la cuantificación de metales pesados en los flujos de partición de la precipitación en árboles urbanos del bosque del Colegio Mayor de Antioquia*

Mantenimiento Población arborea
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia



1 Mango (Mangifera indica L.)

2 Guayacán amarillo (Hondroanthus chyrsanthus)

3 Tulipán africano (Spathodea campanulata)

4 Guayacán de Manizales (Lafoensia acuminata)

Tabla 1. *Especies seleccionadas para el estudio en el bosque urbano del Colegio Mayor de Antioquia*

Nombre científico	Nombre común	Sector	Identificación
Tabebuia chrysantha	Guayacán amarillo	1, 2, 5	#151, #5, #40

Nombre científico	Nombre común	Sector	Identificación
Lafoensia acuminata	Guayacán de Manizales	1, 2, 5	#13, #54, #199
Spathodea campanulata (Bignoniáceas)	Tulipán africano	1, 3, 4	#5, #77, #112
Mangifera indica	Mango	1, 5	#15, #174, #185

Agradecimientos

A la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia por financiar y hacer posible este trabajo de investigación.

Bibliografía

Núñez-Florez, R., Pérez-Gómez, U y Fernández-Méndez, F. (2019). Functional diversity criteria for selecting urban tres, *Urban Forestry & Urban Greening*, *38*, 251-266. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.01.005

Sarmiento-Gamero, M. F., Ramos-Contreras, C. D., Flórez-Pérez, S. L. y Molina-Pérez, F. J. (2021). Determinación de metales pesados en material particulado atmosférico por espectroscopía de absorción atómica: validación, *Revista Politécnica*, *17*(34), 153-169. https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a10

Su, L., Zhao, C., Xu, W. y Xie, Z. (2019). Hydrochemical Fluxes in Bulk Precipitation, Throughfall, and Stemflow in a Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaved Forest, *Forests*, *10*(6). https://doi.org/10.3390/f10060507

Van Stan, J. T. y Allen, S. T. (2020). What We Know About Stemflow's Infiltration Area, *Frontiers in Forests and Global Change*, *3*. https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00061

Velásquez Ciro, D, Cañón Barriga, J. E. y Hoyos Rincón, I. C. (2021). The removal of $PM_{2.5}$ by trees in tropical Andean metropolitan areas: an assessment of environmental change scenarios, *Environmental Monitoring and Assessment*, *193*(7). https://doi.org/10.1007/s10661-021-09171-2

---

* e-mail: goezkimberly1@gmail.com

Indagación del estado de la eduación ambiental desde la percepción docente: una herramienta para la aplicación de los ODS en contextos escolares rurales

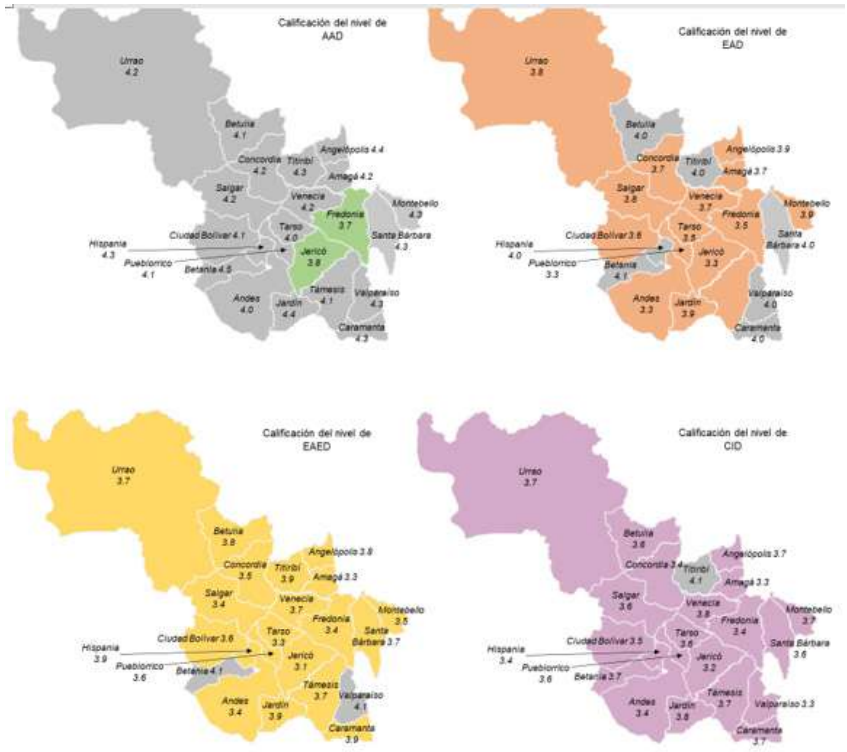
Andrés Julián Cardona García*, Julio Eduardo Cañón Barriga

Universidad de Antioquia

Las políticas públicas para promover la Educación Ambiental (EA) en Colombia tienen falencias en su implementación a nivel rural, debido a la pérdida de contexto y diálogo curricular en el planteamiento y desarrollo de proyectos ambientales (Henao y Sánchez, 2019). Este trabajo indaga en el nivel de educación ambiental (EAD), las actitudes ambientales (AAD), el estado del contexto institucional (CID) y el nivel de la educación ambiental de estudiantes (EAED) en escuelas rurales de 22 municipios del suroeste de Antioquia (Colombia) desde la percepción de 387 docentes y 332 estudiantes de 271 instituciones educativas. El trabajo sigue una metodología de enfoque mixto de diseño anidado concurrente y un modelo dominante cualitativo. Los datos se recogieron mediante un cuestionario escala Likert para los docentes y una encuesta abierta para los estudiantes. Las respuestas fueron sometidas a diferentes análisis estadísticos, clasificaciones, codificaciones, categorizaciones y tablas de frecuencia, para obtener un resultado global, un conjunto de resultados basado en aspectos geográficos; otro, en el grado de correspondencia entre variables, dimensiones e indicadores; otro según la valoración de indicadores; otro según las problemáticas

y soluciones ambientales identificadas y, por último, otro enfocado en aspectos de caracterización poblacional. Los docentes conciben su EA y la de sus estudiantes desde un enfoque muy práctico y sensibilizador, pero poco conceptual. Perciben una EA poco transversal y proyectos institucionales PRAE y PEI con inconsistencias en su utilidad y su coherencia. Los docentes consideran también que las condiciones estructurales de planta física y servicios públicos no son adecuadas. Se evidencia la importante influencia que tiene la acción social y comunitaria sobre la EA que, desde elementos de la cotidianidad, aplicabilidad y funcionalidad, aportan a la generación de actitudes positivas hacia el ambiente, el reconocimiento de problemáticas ambientales locales, la búsqueda de soluciones y la promoción, ejecución y vigilancia de buenas prácticas ambientales. Los estudiantes, por su parte, solo identifican problemáticas ambientales relacionadas con el entorno natural, pasando por alto las relacionadas con aspectos sociales, económicos y culturales, resaltando que el nivel de apropiación no aumenta progresivamente según los años de estudio, sino que se refuerza en años iniciales y finales del ciclo escolar, lo que evidencia la ruptura de transversalidad en la enseñanza ambiental. Se infiere de este análisis que las condiciones de la EA en escuelas rurales no son favorables, lo que es preocupante, dado que la EA es indispensable para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Márquez Delgado *et al.*, 2021). De ahí la importancia de aunar esfuerzos para fortalecer la EA desde la investigación educativa (Hernández Arenas, 2021), la formación integral de docentes (Duarte Diaz, 2020), el mejoramiento de la infraestructura escolar (Pacheco Martínez, 2021) y el diálogo intra e intergeneracional de conocimientos y saberes.

Figura 1. *Mapas de distribución del estado de cada variable por municipio*



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. *Valoración de cada variable según los indicadores*

Variable	Indicador	Código	Valoración	Promedio
Actitudes ambientales de los docentes	Domina conceptos de EA.	I1	3,6	4,05

Variable	Indicador	Código	Valoración	Promedio
	Identifica factores ambientales.	I2	3,7	
	Es sensible ante las problemáticas ambientales.	I3	4,8	
	Realiza acciones que contribuyen a la conservación del medio ambiente.	I4	4,1	
Educación ambiental de los docentes	Se capacita en temas ambientales.	I5	3,5	3,8
	Realiza acciones individuales y colectivas ante la problemática ambiental.	I6	3,5	
	Comprende la relación del ser humano con el entorno y la biósfera.	I7	3,9	
	Cuestiona las problemáticas ambientales.	I8	3,9	
	Se solidariza y responsabiliza con el ambiental.	I9	4,2	

ODS 3. Salud y bienestar

Variable	Indicador	Código	Valoración	Promedio
Educación ambiental de los estudiantes (perspectiva docente)	El estudiante se cuestiona en temas ambientales.	I10	3,9	3,9
	La educación ambiental influye en la forma de vida de los estudiantes.	I11	4,2	
	El estudiante comprende conceptos ambientales.	I12	3,6	
Contexto institucional	Existencia y estado de componentes estructurales de la planta física y servicios públicos.	I15	3,7	3,3
	Existe coherencia y utilidad de los proyectos institucionales.	I16	3,5	
	Existencia de transversalidad de la EA.	I17	2,8	

Fuente: elaboración propia.

Referencias

Duarte Diaz, J. J. (2020). *Caracterización del conocimiento didáctico del contenido sobre educación ambiental de profesores de Bogotá, Colombia* [Tesis de doctorado, Universidad Pedagógica Nacional]. http://hdl.handle.net/20.500.12209/11918

Henao Hueso, O. y Sánchez Arce, L. (2019). La educación ambiental en Colombia, utopía o realidad. *Revista Conrado*, *15*(67), 213-219. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000200213

Hernández Arenas, D. P. (2021). *Estado de La Investigación en Educación Ambiental (EA) de Instituciones de Educación Primaria, Secundaria y Superior en Colombia entre 2010-2020, en el Marco del Desarrollo Sostenible* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42379

Márquez Delgado, D. L., Hernández Santoyo, A., Márquez Delgado, L. H. y Casas Vilardell, M. (2021). La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. *Revista Universidad y Sociedad*, *13*(2), 301-310. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000200301&lng=es&tlng=es

Pacheco Martínez, N. J. (2021). Evaluación del impacto de la infraestructura física educativa en la educación. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *11*(22). https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.940

---

* e-mail: ajulian.cardona@udea.edu.co

Análisis de la dispersión de contaminantes criterio (Co, No_x y Pm_{10}) y gases de efecto invernadero (CO_2 y CH_4) emitidos por fuentes móviles en tres vías principales de la ciudad de valledupar implementando el modelo HYSPLIT

Alex Andrés Murillo Villamizar*, Uriah Aron Bush Felipe, José Luis Rodríguez Castilla, Luis Carlos Díaz Muegue, Luis Carlos Angulo Argote

Universidad Popular del Cesar

El principal objetivo de esta investigación es determinar la viabilidad del modelo híbrido lagrangiano de trayectoria integrada de partícula única (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model - HYSPLIT), con el cual se busca observar el patrón de dispersión y dirección de gases presentes en el aire. Se busca también con esta investigación establecer las áreas de mayor impacto en la ciudad de Valledupar a causa de las emisiones por fuentes móviles en tres de sus principales vías.

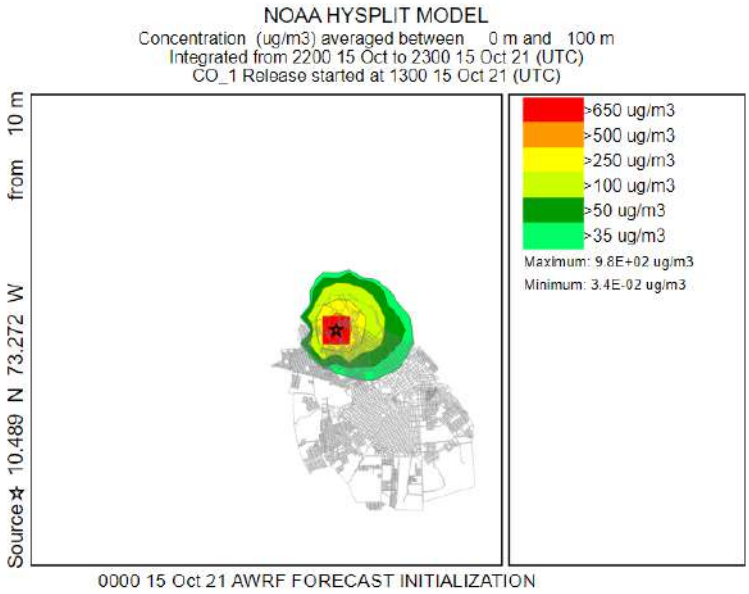
Para llevar a cabo esta investigación, se realizó la caracterización meteorológica de la ciudad de Valledupar para los días de modelación, en la cual se analizaron variables como: dirección del viento, velocidad del viento, precipitación, temperatura ambiente y humedad relativa.

Esta información meteorológica se obtuvo de la base de datos de las estaciones meteorológicas de Corpocesar y el IDEAM (Montoya Ramírez *et al.*, 2018). También se simuló el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para los días 13, 14 y 15 de octubre del año 2021, obteniéndose la información meteorológica de la ciudad con una resolución de 3 km (Skamarock *et al.*, 2019). Para obtener los datos de emisiones de las fuentes móviles, se llevó a cabo un aforo y caracterización vehicular en las tres vías del estudio y se implementó el modelo International Vehicle Emissions (IVE) 2.0.2 (International Sustainable Systems Research Center, 2008). Finalmente, se realizó la modelación de la dispersión de los contaminantes del estudio con el modelo HYSPLIT, para lo cual se usaron, como datos de entrada, los datos meteorológicos diarios, producto de las simulaciones del modelo WRF. Además se estableció la tasa de emisión para cada gas, configurando la cuadrícula de concentración que acumula la masa de cada partícula, y posteriormente se configuró el modelo en el modo "advanced" (Draxler y Hess, 1998; Stein *et al.*, 2015).

Se observó que el comportamiento de la concentración de contaminantes fue más frecuente hacia el este, noreste y sureste de la ciudad, esto debido a las condiciones meteorológicas presentadas durante los días en que se realizaron las simulaciones. Luego de realizar un análisis de los contaminantes criterio en 10 horas de emisión, el monóxido de carbono (CO) presentó la máxima concentración en la Avenida Sierra Nevada, con 980 µg/m^3, seguido por la Avenida Calle 44, con 850 ug/m^3, y, por último, la Avenida Carrera 19, con 680 ug/m^3.

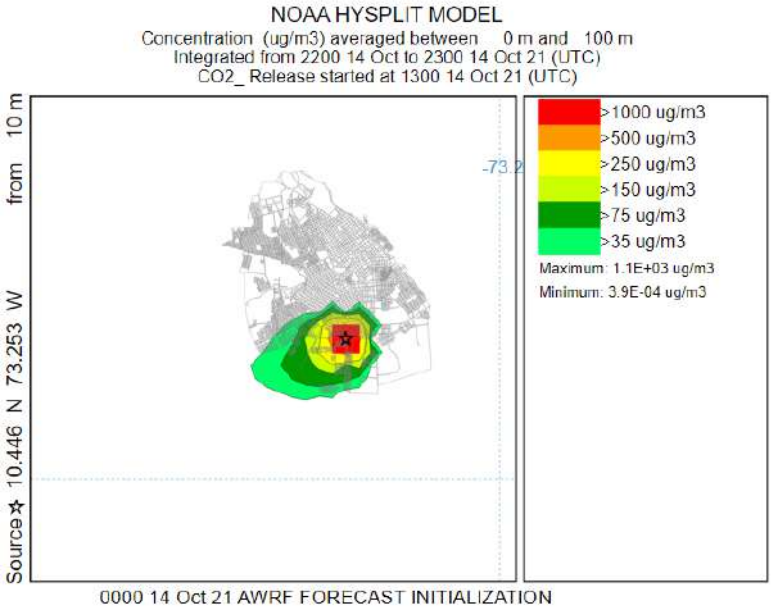
Asimismo, para los gases de efecto invernadero la máxima concentración fue de Dióxido de Carbono (CO_2) en la Avenida Calle 44, con 1 100 ug/m^3, seguida por la Avenida Sierra Nevada, con 1 000 ug/m^3, y, por último, la Avenida Carrera 19, con 950 ug/m^3.

Figura 1. *Mapa de dispersión de CO2 para el día 15 de octubre en intervalos de 1 hora en la Avenida Sierra Nevada*



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 2. *Mapa de dispersión de CO2 para el día 15 de octubre en intervalos de 1 hora en la Avenida Calle 44*



Fuente: elaboración propia, 2022.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Popular del Cesar por la financiación del proyecto de investigación convenio N. 062 del 2019. Estudio de la emisión y dispersión del material particulado PM_{10} generado por el tráfico vehicular de las principales vías de la ciudad de Valledupar, implementando el modelo HYSPLIT.

Referencias

Draxler, R. R. y Hess, G. D. (1998). An Overview of the HYSPLIT_4 Modeling System of Trajectories, Dispersion, and Deposition. *Australian Meteorological Magazine*, *47*, 295-308.

International Sustainable Systems Research Center. (2008). *Manual del Usuario del Modelo IVE* (Versión 2.0). http://www.issrc.org/ive/downloads/manuals/UsersManual%28sp%29.pdf

Montoya Ramírez, R. D., Ortiz Royero, J. C., Montealegre Bocanegra, J. E., Ruiz Murcia, J. F., Benavides, H. O., Cadena, M. C., González, O. C., Hurtado Moreno, G. y Franco Torres, O. (2018). *Atlas Climatológico de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Liu, Z., Berner, J., Wang, W., Powers, J. G., Duda, M. G., Barker, D. y Huang, X.-Y. (2019). *A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4* (No. NCAR/TN-556+STR). https://doi.org/10.5065/1dfh-6p97

Stein, A. F., Draxler, R. R., Rolph, G. D., Stunder, B. J. B., Cohen, M. D. y Ngan, F. (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *96*(12), 2059-2077. http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1

---

* e-mail: aamurillo@unicesar.edu.co

Revisión sobre la evaluación de tecnologías de oxidación avanzada y tratamiento biológico para remover compuestos orgánicos perfluorados

Eva Sandrith Baquero Ramírez*, Gustavo A. Peñuela Mesa, Diana C. Rodríguez Loaiza

Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCON), Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental, Sede de Investigación Universitaria (SIU), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

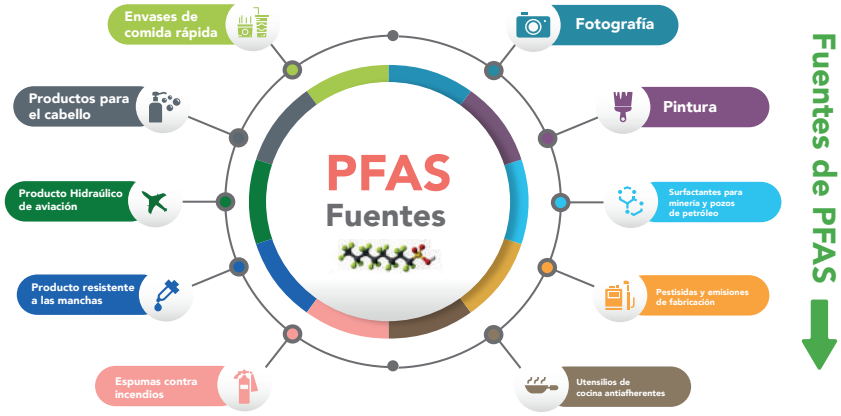
Las sustancias alquil perfluorados (PFAS), como el sulfonato de perfluorooctano (PFOS) y el ácido perfluorooctanoico (PFOA), han sido recientemente el foco de atención regulatoria por su amplia distribución en los medios acuáticos. Debido a su alta estabilidad química y térmica, gracias a sus estructuras químicas con fuertes enlaces covalentes de carbono-flúor, los PFAS se han utilizado ampliamente en la fabricación industrial de numerosos bienes de consumo, como sartenes antiadherentes, productos para el cabello, papeles para envolver alimentos, productos para la limpieza de alfombras, espumas antiincendios, abrillantadores de suelos y lubricantes, y en elementos como tejidos, tapicerías, alfombras, pinturas, pesticidas y tensoactivos y emulsionantes en la industria (Corsini *et al.*, 2014). La amplia gama de aplicaciones de PFAS dio como resultado su presencia en matrices ambientales,

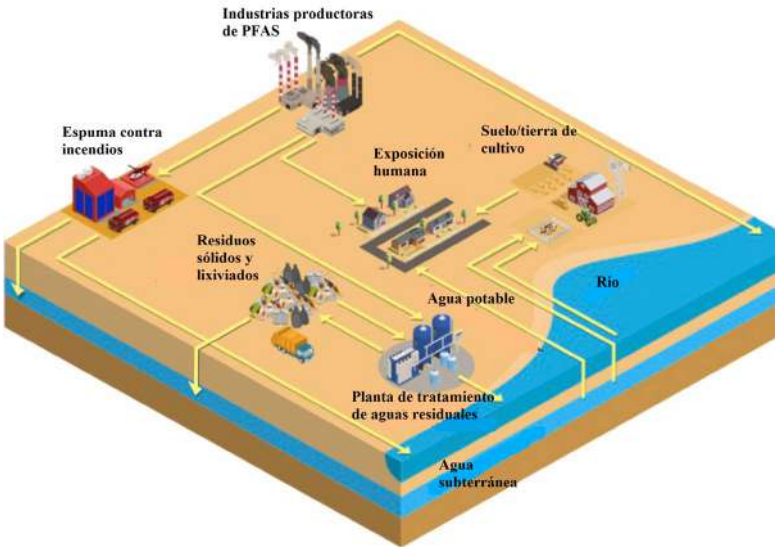
específicamente agua y aguas residuales. De esta manera, entran en la cadena alimentaria y en el agua potable, exponiendo posteriormente a los seres humanos y creando un problema epidemiológico (Domingo y Nadal, 2019). Los PFAS son compuestos biológicamente resistentes y la cadena C-F puede resistir la degradación biológica. Por lo tanto, en el cuerpo humano, las PFAS se acumulan en los órganos y en el suero sanguíneo después de varios años de consumir alimentos y agua en contacto con ellas y de usar productos a base de PFAS. Informes recientes han relacionado el PFAS con bajo peso al nacer, alteraciones de la hormona tiroidea, espermatozoides de baja actividad, diabetes y cáncer, especialmente en el suero sanguíneo de los bomberos que están expuestos al PFAS con frecuencia (Domingo y Nadal, 2019).

Las especies de PFAS han sido reconocidas como contaminantes ambientales emergentes de preocupación debido a su toxicidad y persistencia ambiental, lo que suscita una investigación intensiva en busca de tecnologías efectivas para su eliminación del medio ambiente. Esas tecnologías implican costos excesivamente altos debido al alto uso de energía y altos costos operativos o de capital. Por lo tanto, la mayoría de las tecnologías de remediación tienen limitaciones en las aplicaciones de campo, a pesar de que los experimentos a escala de laboratorio son prometedores. En esta revisión se presta especial atención a las tecnologías de tratamiento emergentes para la eliminación de PFAS, como los tratamientos biológicos (biodegradación aerobia o anaerobia) y procesos de oxidación avanzada (fotodegradación y degradación química); se comparan su eficiencia, eficacia, uso de energía, sostenibilidad, costo y aplicaciones a gran escala y a escala de laboratorio. Los estudios de remediación revelaron que la biodegradación podría ser el principal mecanismo

responsable de la transformación de los precursores de PFAS en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y sugieren que los procesos avanzados de oxidación son más eficaces para eliminar PFAS (~95-100%) que los procesos convencionales. Sin embargo, la aplicabilidad de dichos tratamientos para las PTAR del mundo real enfrenta desafíos importantes, por lo que podría ser beneficioso combinar más de una técnica para la eliminación efectiva de PFAS, mientras se abordan las limitaciones de los tratamientos individuales.

Figura 1. *Esquema de fuentes, circulación en el ambiente y técnicas de remoción para PFAS*





Ciclo de PFAS

Tratamiento biológico

H^2O^2 + O^3 Proceso de oxidación avanzada

Remoción de PFAS

Fuente: Yadav et al. (2022).

Agradecimientos

A mi familia, amigos y docentes de la Universidad de Antioquia, por compartir sus conocimientos y cuyo compromiso y valioso tiempo han sido fundamentales para el desarrollo de este estudio; a la Universidad de Antioquia y al Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCON) por los recursos brindados y a MinCiencias por la aprobación y el financiamiento de este proyecto.

Referencias

Corsini, E., Luebke, R. W., Germolec, D. R. y DeWitt, J. C. (2014). Perfluorinated compounds: Emerging POPs with potential immunotoxicity. *Toxicology Letters*, *230*(2), 263-270. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.01.038

Domingo, J. L. y Nadal, M. (2019). Human exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) through drinking water: A review of the recent scientific literatura. *Environmental Research*, *177*. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108648

Yadav, S., Ibrar, I., Al-Juboori, R. A., Singh, L., Ganbat, N., Kazwini, T., Karbassiyazdi, E., Samal, A. K., Subbiah, S. y Altaee, A. (2022). Updated review on emerging technologies for PFAS contaminated water treatment. *Chemical Engineering Research and Design*, *182*, 667-700. https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.04.009

---

* e-mail: eva.baquero@udea.edu.co

Evaluación de la Degradación de Diclofenaco y Carbamazepina en un Reactor Anaerobio de Lecho de Lodo Granular Expandido (EGSB) y un Reactor Aerobio Secuenciado por Lotes (SBR)

Eva Sandrith Baquero Ramírez*, Diana C. Rodríguez Loaiza, Gustavo A. Peñuela Mesa

Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCON), Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental, Sede de Investigación Universitaria (SIU), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

En Colombia, las problemáticas actuales en cuanto al tratamiento de aguas residuales están enfocadas en remover materia orgánica y nutrientes; mientras, en otros países más desarrollados, el tema de los compuestos farmacéuticos en las aguas residuales está tomando auge y la mayor parte de las investigaciones se están centrando en la remoción de los llamados contaminantes emergentes. Lo anterior justifica la necesidad de más investigación sobre la prevalencia, el destino y los tratamientos de los contaminantes emergentes para desarrollar modelos de detección basados en el riesgo, así como un marco apropiado (Gogoi *et al.*, 2018). Entre la amplia gama de contaminantes emergentes, los más frecuentemente detectados son productos farmacéuticos, entre ellos el

diclofenaco (DCF) y la carbamazepina (CBZ) (Stuart *et al.*, 2012; Aus der Beek *et al.*, 2016; Riva *et al.*, 2018).

Por tal motivo, este estudio evaluó el efecto de los reactores EGSB y SBR en el tratamiento de los compuestos farmacéuticos DCF y CBZ, determinando las condiciones de operación de los sistemas para optimizar la biodegradación de los contaminantes. Se usaron siete reactores EGSB y la experimentación de los EGSB estuvo dividida en cuatro etapas de operación: la etapa I, correspondiente al arranque y estabilización, donde se inoculó lodo granular caracterizado por un tamaño de partícula promedio de 1.43±1.47 mm, buena sedimentación y alto porcentaje de materia orgánica, con una relación SSV/SST de 0.51, y las etapas II, III y IV, con dosificación de 100 µg/L, 500 µg/L y 1000 µg/L de CBZ o DCF, y la mezcla de ambos analitos, respectivamente. La operación de los sistemas estuvo acompañada por periodos de presencia y ausencia de un cosustrato, acetato de sodio, en una concentración de 710.87±3.93 mg/L de DQO, esto con la finalidad de evaluar la influencia del acetato de sodio como servidor o no de la degradación de los compuestos farmacéuticos. El caudal de alimentación empleado fue de 6.25 mL/min, el caudal de recirculación fue de 50 mL/min y el tiempo de retención hidráulico (TRH) fue de 24 horas. Se evidenció que el efecto de la CBZ en los microorganismos anaerobios tuvo una incidencia mayor que la generada por el DCF y la interacción del acetato de sodio mezclado con los compuestos farmacéuticos puede disminuir la eficiencia del sistema en cuanto a la remoción del analito. Sin embargo, los porcentajes de remoción obtenidos no dejan de ser significativos para el caso del DCF, más específicamente en la etapa II.

La operación del reactor SBR se llevó a cabo mediante la implementación de tres etapas: la puesta en marcha (etapa I) utilizó un inóculo con una relación SSV/SST de 0.59, y las etapas II y III con una dosificación de 100 µg/L y 500 µg/L DCF, respectivamente. En las etapas intermedias, entre cada carga, se dieron tiempos de operación sin dosificación del contaminante para permitir un tiempo de receso del reactor y evaluar la recuperación de la biomasa. La concentración de DQO aportada por el acetato de sodio fue de 247.59±10.57 mg/L. Con un TRH de 12 horas, el SBR logró remover eficientemente concentraciones de DCF con porcentajes de remoción superiores al 45%.

Tabla 1. *Resumen de estrategia operacional y resultados en reactor EGSB y reactor SBR*

Condiciones de operación						Análisis cromatográfico		Análisis biomasa
Reactor	**Etapa**	**Días de operación (d)**	**Acetato de sodio (g)**	**DCF (µg/L)**	**CBZ (µg/L)**	**Remoción DCF (porcentaje)**	**Remoción CBZ (porcentaje)**	**SSV/SST**
EGSB1	I	0-180	52.3	---	---	---	---	0.75
	II	181-234	52.3	---	---	---	---	0.54
	III	260-315	52.3	---	---	---	---	0.49
	IV	334-411	52.3	---	---	---	---	0.55
EGSB2	I	0-180	52.3	---	---	---	---	0.61
	II	181-234	52.3	---	100	---	20.53±5.97	0.59
	III	260-315	52.3	---	500	---	27.01±11.84	0.56
	IV	334-411	52.3	---	1 000	---	3.33±4.35	0.57

Condiciones de operación						Análisis cromatográfico		Análisis biomasa
Reactor	Etapa	Días de operación (d)	Acetato de sodio (g)	DCF (µg/L)	CBZ (µg/L)	Remoción DCF (porcentaje)	Remoción CBZ (porcentaje)	SSV/SST
EGSB3	I	0-180	52.3	---	---	---	---	0.76
	II	181-234	---	---	100	---	22.53±19.15	0.92
	III	260-315	---	---	500	---	15.91±5.77	0.56
	IV	334-411	---	---	1 000	---	4.02±2.24	0.70
EGSB4	I	0-180	52.3	---	---	---	---	0.59
	II	181-234	52.3	100	---	98.58±1.82	---	0.61
	III	260-315	52.3	500	---	14.43±11.54	---	0.62
	IV	334-411	52.3	1 000	---	12.42±4.41	---	0.70

Condiciones de operación						Análisis cromatográfico		Análisis biomasa
Reactor	Etapa	Días de operación (d)	Acetato de sodio (g)	DCF (µg/L)	CBZ (µg/L)	Remoción DCF (porcentaje)	Remoción CBZ (porcentaje)	SSV/SST
EGSB5	I	0-180	52.3	---	---	---	---	0.59
	II	181-234	---	100	---	95.58±4.17	---	0.56
	III	260-315	---	500	---	20.43±7.90	---	0.52
	IV	334-411	---	1 000	---	17.65±10.59	---	0.53
EGSB6	I	0-180	52.3	---	---	---	---	0.49
	II	181-234	---	100	100	84.11±34.57	23.88±22.72	0.57
	III	260-315	---	500	500	31.22±14.75	24.95±12.83	0.53
	IV	334-411	---	1 000	1 000	27.61±4.81	16.55±3.33	0.45

Condiciones de operación						Análisis cromatográfico		Análisis biomasa
Reactor	**Etapa**	**Días de operación (d)**	**Acetato de sodio (g)**	**DCF (µg/L)**	**CBZ (µg/L)**	**Remoción DCF (porcentaje)**	**Remoción CBZ (porcentaje)**	**SSV/SST**
EGSB7	I	0-180	52.3	---	---	---	---	0.58
	II	181-234	52.3	100	100	79.49±29.88	14.06±10.66	0.52
	III	260-315	52.3	500	500	22.08±9.95	24.13±5.97	0.61
	IV	334-411	52.3	1 000	1 000	18.87±1.98	7.02±14.33	0.64
SBR	I	0-81	18.8	---	---	---	---	0.52
	II	82-137	18.8	100	---	67.05±2.06	---	0.82
	III	146-203	18.8	500	---	47.18±5.70	---	0.66

Nota: (---): no aplica.

Agradecimientos

A mi familia, amigos y docentes de la Universidad de Antioquia, por compartir sus conocimientos y cuyo compromiso y valioso tiempo han sido fundamentales para la culminación de este estudio; al Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCON) por los recursos brindados para la ejecución experimental de este estudio y a la Universidad de Antioquia por la beca otorgada como estudiante instructor para estudios de posgrado.

Referencias

Aus der Beek, T., Weber, F.-A., Bergmann, A., Hickmann, S., Ebert, I., Hein, A. y *Küster, A.* (2016). Pharmaceuticals in the environment—Global occurrences and perspectives. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *35*(4), 823-835. https://doi.org/10.1002/etc.3339

Gogoi, A., Mazumder, P., Tyagi, V. K., Tushara Chaminda, G. G., An, A. K. y Kumar, M. (2018). Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review. *Groundwater for Sustainable Development*, *6*, 169-180. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009

Riva, F., Castiglioni, S., Fattore, E., Manenti, A., Davoli, E. y *Zuccato, E.* (2018). Monitoring emerging contaminants in the drinking water of Milan and assessment of the human risk. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *221*(3), 451-457. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.008

Stuart, M., Lapworth, D., Crane, E. y Hart, A. (2012). Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. *Science of The Total Environment*, *416*, 1-21. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.072

---

* e-mail: eva.baquero@udea.edu.co

Síndrome de burnout en profesionales encargados de la atención a familias afectadas por SARS-CoV-2 (COVID 19) en la ciudad de Medellín

Ester Lucía Rojas Arenas*, Laura Marcela Trujillo-Vargas

Facultad de Ingeniería, Área Ambiental, Tecnológico de Antioquia I.U.

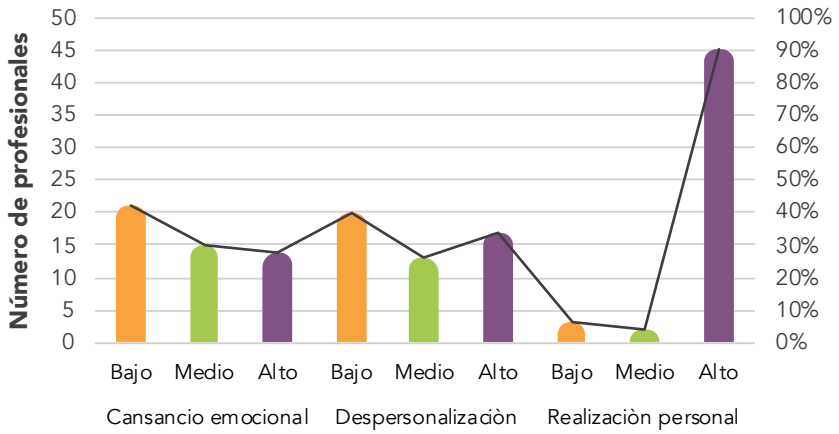
Los profesionales sociales y administrativos encargados de atender, durante el año 2020, a grupos familiares afectados por la pandemia SARS-CoV-2 (COVID 19) en todos los aspectos fundamentales para el desarrollo de la vida se vieron sometidos a una mayor carga de trabajo, lo que los dejó expuestos a un estrés crónico, que podría conducir al desarrollo del síndrome de Burnout.

La investigación, orientada al fortalecimiento del ODS-3 (Salud y bienestar), buscó documentar la presencia de este síndrome en los profesionales encargados de la atención a los afectados, especialmente en los albergues Carlos Mauro Hoyos y Florencia, destinados por la Alcaldía de Medellín para recibir a la población impactada. Para identificar la presencia del síndrome de Burnout, se tomó una muestra del 50 profesionales, a quienes se les aplicaron tres instrumentos: una encuesta de datos sociodemográficos, una encuesta de datos laborales y el cuestionario, validado en Colombia, del MBI (Maslach Burnout Inventory), que sirve para estudiar las tres dimensiones que componen el síndrome de Burnout:

cansancio o agotamiento emocional, despersonalización o deshumanización y falta o disminución de realización personal en el trabajo.

Teniendo en cuenta el modelo propuesto por investigadores, el trabajador, al enfrentarse a ambientes demandantes, comienza a desarrollar cansancio emocional, lo que trae como consecuencia la despersonalización, que aparece como una herramienta para enfrentarse a tales demandas, distanciándose emocionalmente. Es decir que la despersonalización es una forma de alivianar el agotamiento. Estos resultados generan una alerta importante, debido a que esta situación, sumada al tipo de relación que comienza a tener el profesional con el usuario, podría crear una disminución en el sentido de competencia, comenzando a perder sentido el trabajo realizado, lo que desemboca en la fase de disminución de realización personal, haciendo que se aumenten los casos de profesionales con el síndrome de Burnout. Los resultados arrojaron que la prevalencia de los casos probables de Burnout fue del 48%, clasificados entre extremos (6%), graves (14%) y moderados (28%). Puede inferirse que la satisfacción por el cargo desempeñado fue el factor que se relacionó con la presencia de Burnout (Figura 1).

Figura 1. *Resultados dimensiones de Burnout en profesionales*



Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

Azoulay, E., de Waele, J., Ferrer, R., Staudinger, T., Borkowska, M., Povoa, P., Iliopoulou, K., Artigas, A., Schaller, S. J., Hari, M. S., Pellegrini, M., Darmon, M., Kesecioglu, J. y Cecconi, M. (2020). Symptoms of burnout in intensive care unit specialists facing the COVID-19 outbreak. *Annals of Intensive Care, 10*. https://doi.org/10.1186/s13613-020-00722-3

Lavell, A. y Lavell, C. (2020). *COVID-19: Relaciones con el riesgo de desastres, su concepto y gestión*. https://www.desenredando.org/public/2020/Lavell_2020-05_Covid-19_y_Desastre_v3.4.pdf

Maslach, C. y Jackson, S. E. (1981). The measurement of experienced burnout. *Journal of Organizational Behavior*, *2*(2), 99-113. https://doi.org/10.1002/job.4030020205

O'Connor, K., Muller Neff, D. y Pitman, S. (2018). Burnout in mental health professionals: A systematic review and meta-analysis of prevalence and determinants. *European Psychiatry*, *53*, 74-99. https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2018.06.003

---

* e-mail: luciarojas6@gmail.com

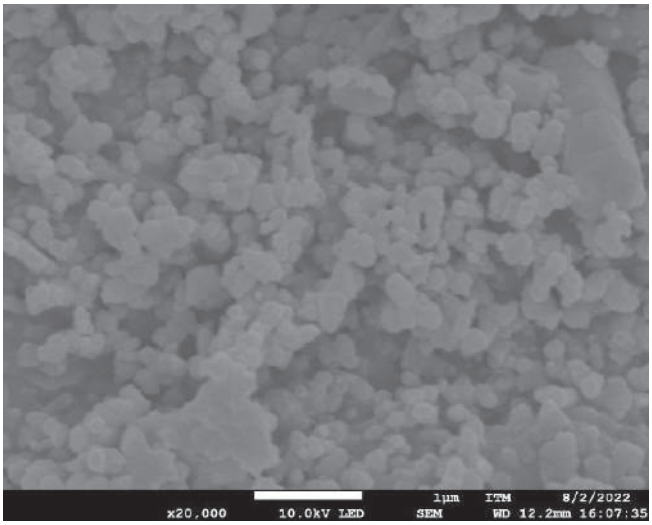
Polipropileno modificado con materiales nanoestructurados para aplicaciones bactericidas

Andrea Monsalve Castrillón[1*], Juan Felipe Santa Marín[2], Claudia Patricia Betancur Henao[2], Robison Buitrago Sierra2

[1] Estudiante Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, [2] Grupo de investigación Materias Avanzados y Energía (MATYER), Instituto Metropolitano de Medellín

Las nanopartículas de óxido de zinc (NP-ZnO) exhiben propiedades antibacterianas debido a que, al hacer contacto con las paredes celulares, alteran la integridad de la célula, lo que resulta en la destrucción de las bacterias (Sirelkhatim et al., 2015). El presente trabajo realizó la modificación de polipropileno (PP) con nanopartículas esféricas de óxido de zinc, para lo cual se preparó NP-ZnO a través de una ruta de coprecipitación química utilizando acetato de zinc e hidróxido de sodio como reactivos (Devaraj et al., 2014) y se ejecutó la modificación del PP por el método de inmersión con parámetros controlados. Se caracterizó por microscopio de barrido electrónico (SEM) y espectrómetro de energía dispersiva (EDS) donde de las NP-ZnO se obtuvo una morfología esférica con un tamaño medio de partícula de 144.6 nm. La actividad antimicrobiana del PP modificado se evaluó frente a la Escherichia coli y al Staphylococcus aureus, pudiendo evidenciar que láminas modificadas del PP mostraron actividad superior en comparación con las láminas del PP sin modificaciones.

Figura 1. *Micrografía SEM para nanopartículas de óxido de zinc*



Agradecimientos

Al Programa de Jóvenes Investigadores del Instituto Universitario ITM.

Referencias

Devaraj, N. K., Han, T. C., Low, P. L., Ong, B. H. y Sin, Y. K. (2014). Synthesis and characterisation of zinc oxide nanoparticles for thermoelectric application. *Materials Research Innovations*, *18*(sup6), 350-353. https://doi.org/10.1179/1432891714Z.000000000980

Sirelkhatim, A., Mahmud, S., Seeni, A., Kaus, N. H. M., Ann, L. C., Bakhori, S. K. M., Hasan, H. y Mohamad, D. (2015). Review on Zinc Oxide Nanoparticles: Antibacterial Activity and Toxicity Mechanism. *Nano-Micro Letters*, *7*, 219–242. https://doi.org/10.1007/s40820-015-0040-x

---

* e-mail: andreamonsalve247518@correo.itm.edu.co

Remoción de metales pesados de un agua residual no doméstica real usando un filtro de biochar de residuos de banano

Erasmo A. Villaseñor[1], Lleison Lopera[1], Laura García[1], Milena Ocampo[1], Alfredo Hernández[2], Alba N. Ardila A.[1*]

[1] Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, [2] Grupo de Investigación CERES Agroindustria & Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

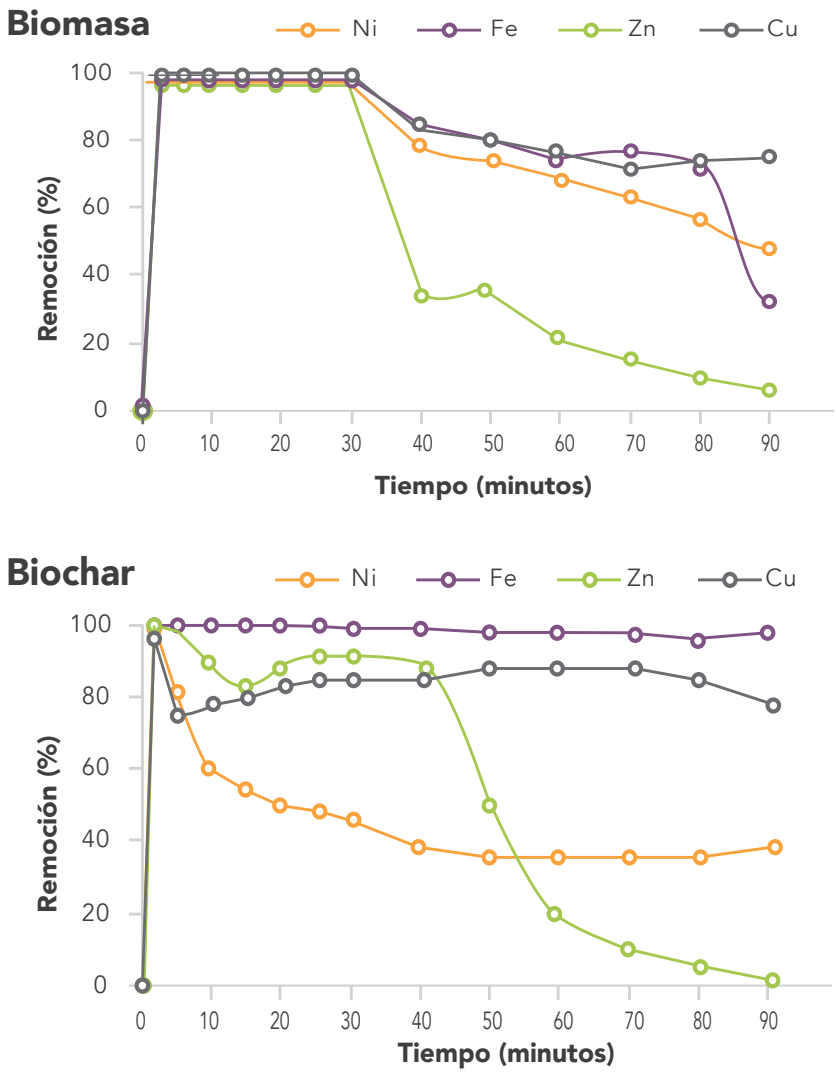
La industria de galvanoplastia contribuye significativamente a la contaminación de las fuentes hídricas por la generación de efluentes con altas concentraciones de metales pesados, ocasionando serios problemas a los ecosistemas acuáticos y terrestres y a la salud humana. Por otro lado, la creciente producción de residuos agrícolas, como el banano, también se ha convertido en un problema social, económico, técnico y ambiental que ha llamado la atención de los investigadores en los últimos años (Kennedy y Arias-Paic, 2020; Pla *et al.*, 2021). En la presente investigación se propone una solución simultánea para estas dos problemáticas, aprovechando residuos de la industria bananera para la remoción de metales pesados tóxicos presentes en aguas residuales no domésticas (ARnD) de la industria de galvanoplastia (Kennedy y Arias-Paic, 2020; Pla *et al.*, 2021). El ARnD real compuesto de la industria de galvanoplastia se obtuvo de una empresa en la ciudad de Medellín (Colombia). También se analizaron parámetros *ex situ* como DQO, DBO_5 y COT. Las cáscaras de banano se

lavaron, cortaron y secaron en un horno a 80 °C por 48 horas, luego se trituraron en un molino de bolas y se tamizaron con un tamiz Malla ASTM No. 50 (300 µm) para la obtención de la biomasa en polvo. El biochar se obtuvo por pirólisis en atmósfera de N_2 en un sistema batch a 5 °C/min hasta 600 °C y 3 horas a esta temperatura. Se construyó un filtro multicapa (arena-absorbente-arena-grava) de 5 cm por capa y 1.25 cm de diámetro interno, operado a presiones y flujos bajos (2 mL/min) regulables con bomba peristáltica con parámetros de diseño similares a lo reportado en la literatura. Los materiales se caracterizaron fisicoquímicamente por punto isoeléctrico, porcentaje de cenizas, DRX, área superficial BET, FTIR y SEM/EDS. El valor de la mayoría de los parámetros fisicoquímicos del agua residual real cruda, incluidos los metales pesados (excepto el Cr), supera los LMP establecidos en la normatividad colombiana (Resolución 0631 de 2015). Adicionalmente, la baja relación DBO_5/DQO (0.029) evidencia el carácter no biodegradable del efluente. Se obtuvo un biochar para la adsorción de metales pesados (Fe, Ni, Cr, Cu y Zn) a partir de cáscara de banano con rendimientos del 30%. Los resultados de adsorción con ambos materiales (Figura 1) muestran que, al final del experimento (90 minutos), se lograron remociones superiores al 40% para la mayoría de los contaminantes (con excepción del Zn). Particularmente, el Cu presenta porcentajes de adsorción cercanos al 80% con ambos materiales, mientras que el Fe es absorbido con mayor eficacia por el biochar; de esta forma, los porcentajes de remoción se mantienen alrededor de 100% con este material, en comparación con la biomasa, con la cual se obtiene un 35% de remoción, en ambos casos a los 90 minutos de operación.

La valorización de residuos de banano para la síntesis de biochar y la construcción de filtro para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales reales de la industria

de galvanoplastia aportan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como el número 6 (Agua limpia y saneamiento) o el 12 (Producción y consumo responsable).

Figura 1. *Porcentaje de remoción de los metales pesados (Fe, Ni, Cu y Zn) en sistema de flujo continuo*



Agradecimientos

Los autores agradecen al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cavidad por la financiación del presente proyecto de investigación.

Referencias

Kennedy, A. M. y Arias-Paic, M. (2020). Fixed-Bed Adsorption Comparisons of Bone Char and Activated Alumina for the Removal of Fluoride from Drinking Water. *Journal of Environmental Engineering*, *146*(1). http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001625

Pla, C., Benavente, D., Valdes-Abellan, J. y Kovacova, Z. (2021). Effectiveness of two lightweight aggregates for the removal of heavy metals from contaminated urban stormwater. *Journal of Contaminant Hydrology*, *239*. https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2021.103778

---

* e-mail: anardila@elpoli.edu.co

ODS 6. Agua limpia y saneamiento

Seguridad hídrica en las periferias de ciudades en américa latina: aportes para el ordenamiento territorial en México y Colombia

Edna Margarita Rodríguez-Gaviria[1*], Luis Alejandro Rivera-Flórez[1**], Cinthia Fabiola Ruiz-López[2***], Concepción Alvarado-Rosas[3****], José María León-Villalobos[4*****], José Manuel Madrigal-Gómez[4]

[1] Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, [2] Universidad Nacional Autónoma de México, [3] Universidad Autónoma del Estado de Morelos, [4] Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial

Esta ponencia presenta los avances y logros obtenidos en la sinergia de un grupo interdisciplinario de investigadores de México y Colombia para analizar los problemas comunes y divergencias existentes en los territorios periféricos de ciudades en América Latina, así como atender las dificultades que se desprenden en la seguridad hídrica y sus implicaciones en los procesos de ordenamiento territorial (López, 2016; Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO, 2019).

Para el desarrollo de los objetivos se optó por un acercamiento a la investigación acción participativa (IAP), dado su potencial para la interacción y el crecimiento mutuo de los actores implicados (Fals y Anisur, 1991; Valdivieso y Peña, 2007). Además, se han estructurado otras técnicas, como recolección de información primaria y secundaria usando dispositivos móviles en campo, entrevistas semiestructuradas, recorridos y

generación de información espacial, realización de muestreos y sistematización de experiencias.

Se logró identificar cambios en la cantidad, calidad y usos del recurso hídrico en los territorios periféricos por el crecimiento y la expansión urbana y reconocer los riesgos del aumento en la presión del recurso y las implicaciones que ello tiene en el ordenamiento territorial del municipio.

La presente investigación se centró en proporcionar propuestas de seguridad hídrica en las periferias de ciudades, enmarcándose principalmente en tres objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible priorizados para este Congreso, como el Objetivo 3 (Salud y bienestar), el Objetivo 6 (Agua limpia y saneamiento) y el Objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ya que la investigación estuvo dirigida a la reducción de la contaminación del agua a través del conocimiento de los agentes nocivos y fuentes de contaminación, al igual que la concientización en estos territorios y sus comunidades.

Figura 1. *Técnicas de recolección de información en los diferentes territorios periurbanos*

Cuernavaca (Morelos, México)

ODS 6. Agua limpia y saneamiento

	Morelia (Michoacán, México)
	Medellín (Antioquia, Colombia)

Referencias

Fals Borda, O. y Anisur Rahman, M. (1991). *Acción y conocimiento: Cómo romper el monopolio con investigación-acción participativa*. Centro de Investigación y Educación Popular.

López, M. (2016). *Paisajes hídricos urbanos en disputa: Agua, poder y fragmentación urbana en Medellín, Colombia*. Corporación Ecológica y Cultural Penca de Sábila.

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304?locale=en

Valdivieso Arcay, F. y Peña Villalobos, L. (2007). Los enfoques metodológicos cualitativos en las ciencias sociales: una alternativa para investigar en educación física. *Laurus*, *13*(23), 381-412.

---

* e-mail: edna.rodriguez@colmayor.edu.co

** e-mail: L.Alejo0894@gmail.com

*** e-mail: cruiz@ciga.unam.mx

**** e-mail: concepcion.rosas@uaem.mx

***** e-mail: jleon@centrogeo.edu.mx

Remoción de azul de metileno en solución por medio de microalgas

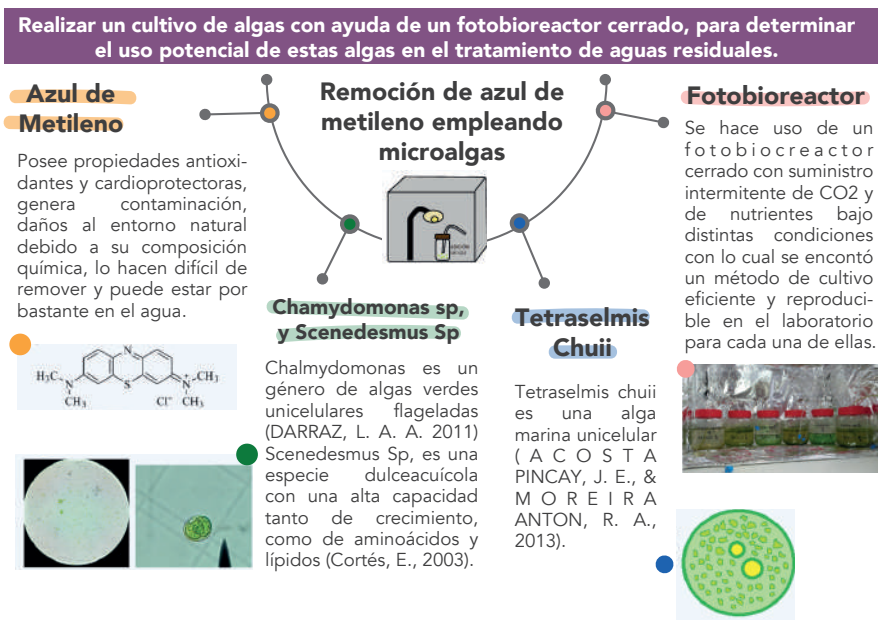
Paula T. García-Amado[1*], Ximena P. Reatigui-Mateus[1], Lina P. Vega-Garzón[2]

[1] Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, [2] Universidad Santo Tomás, Grupo GICAN

La contaminación por colorantes como el azul de metileno (Carrillo y Herrera, 2019), el cual es tóxico, carcinogénico, no biodegradable y persistente, presenta un peligro para la salud humana y de los ecosistemas. En esta investigación se analiza la remoción del colorante azul de metileno empleando microalgas de las especies *Chamydomonas sp.*, *Scenedesmus sp.* y *Tetraselmis chuii*, para determinar su uso potencial en el tratamiento terciario de aguas residuales y generar conocimiento sobre las variables que influyen en este proceso (Rosales *et al.*, 2018). Para ello se hizo una primera fase teórica de estudio de las especies de algas utilizadas para remover colorantes y sus métodos de cultivo. Posteriormente se aislaron las microalgas *Chamydomonas sp.*, *Scenedesmus sp.* y *Tetraselmis chuii*, a partir de un cuerpo léntico de agua superficial en Tunja (Boyacá, Colombia) y se realizó su cultivo en un fotobiorreactor cerrado con suministro intermitente de CO_2 y de nutrientes bajo distintas condiciones. En este proceso se encontró un método de cultivo eficiente y reproducible en el laboratorio de cultivo para cada una de las algas (Acosta y Moreira, 2013). Estas microalgas fotoautótrofas han sido estudiadas por su capacidad de tratar aguas residuales y remover DBO y DQO, así como colorantes azoicos y diferentes

metales, ya sea el cromo, el plomo o el mercurio, mostrando una alta capacidad decolorante en varios estudios en los que se analizó la influencia del pH en la eficiencia de remoción (Jesús Ávila Peltroche *et al.*, 2018). En la actualidad, no hay estudios reportados de remoción de azul de metileno por medio de estas especies de microalgas, por lo que se propone en esta investigación realizar un diseño de experimentos para analizar su remoción modificando variables que incluyen el pH y la dosificación de nitrógeno como nutriente y carbono inorgánico para evaluar su capacidad de remoción bajo distintas condiciones (Valle Ramírez de Arellano, 2007). Esta investigación contribuye al conocimiento básico de tecnologías sostenibles para el tratamiento de aguas, apuntando de esta forma a la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 6 (Agua limpia y saneamiento).

Figura 1. *Remoción de azul de metileno empleando microalgas*



Referencias

Acosta Pincay, J. E. y Moreira Anton, R. A. (2013). *Cultivo de Tetraselmis chuii "Butcher, 1959" utilizando fertilizantes orgánicos en el laboratorio de Plancton Facultad Ciencias del Mar, Manta-Manabí-Ecuador* [Tesis de grado, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí]. http://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/561

Carrillo-Pacheco, Y. M. y Herrera-Gutiérrez, J. S. (2019). *Remoción de azul de metileno de cuerpos de agua utilizando nanopartículas magnéticas Fe3O4 y carbón activado* [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. https://hdl.handle.net/10983/24229

Jesús Ávila Peltroche, J. G., Laos Ayala, A., Verano Silvera, R. M. y Montoya Terreros, H. (2018). Remoción de nitratos y fosfatos por cepas nativas de *Chlorella* sp. (Chlorellaceae) y *Chlamydomonas* sp. (Chlamydomonadaceae) libres e inmovilizadas en aguas residuales municipales. *Arnaldoa*, *25*(2), 499-514. http://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25210

Rosales, A. G., Rodríguez, C. D. y Ballen-Segura, M. (2018). Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus sp.* en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas. *Ingeniería y Ciencia*, *14*(28), 11-34. https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.28.1

Valle Ramírez de Arellano, G. A. (2007). *Utilización de microalgas para la remoción de cadmio y zinc en efluentes de aguas residuales urbanas* [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada]. http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/747

---

* e-mail: paula.garciaa@usantoto.edu.co

Biorremediación de aguas residuales producto de la coloración de flores, empleando microorganismos

Maria Paula Echeverria[1], Leidy Hoyos[1], Carolina Villa[2], Sebastián Montoya[1]

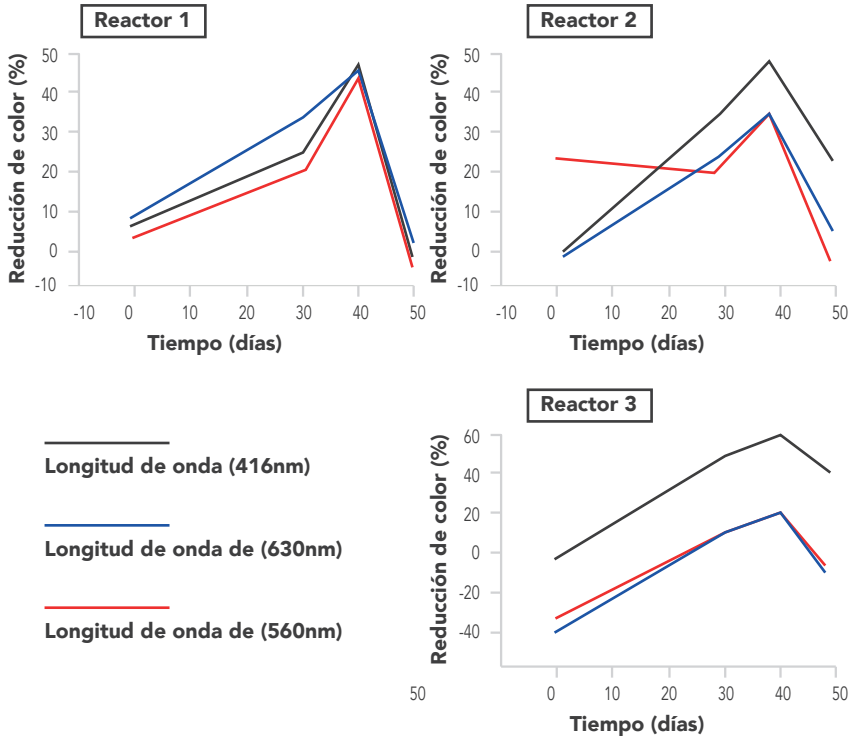
[1] Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Applied Basic Sciences Research Group (CBATA), Medellín, Colombia, [2] Microbial Ecology Laboratory, School of Natural Sciences, University of Galway, Irlanda.

En Colombia, el sector floricultor es uno de los principales promotores de la economía. Para el año 2021, se registraron 1 544 millones de dólares en ventas (Portafolio, 2022). Para hacer más llamativas las flores en venta, se ha optado por teñirlas con diferentes colorantes, lo cual genera efluentes coloreados que deben ser tratados. En algunas empresas se reduce el volumen mediante evaporación, generando gases contaminantes y afectando la calidad del aire (Giraldo Raigoza, 2017). Por tal motivo son necesarias alternativas que permitan el tratamiento de estas aguas residuales, como son la mineralización, filtración, adsorción, coagulación, procesos fenton y degradación a partir del uso de microorganismos, entre otras (Collivignarelli *et al.*, 2019). Los procesos biológicos con uso de microorganismos han despertado gran interés, ya que pueden ser baratos y son ecológicos (Zafar *et al.*, 2022). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la biorremediación de agua residual producto de la coloración de flores empleando consorcios microbianos formados por

Lactobacillus bulgaricus y Saccharomyces cerevisiae, buscando así cumplir con el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento). Para alcanzar el objetivo planteado, se recolectaron aguas residuales contaminadas con colorantes azoicos del teñido de flores. Luego se prepararon reactores discontinuos formados por 100 mL de agua colorante y manteniendo una concentración de 0.5%p-v de extracto de levadura. La concentración del inóculo fue de 1.20×10^5 UFC/g de *L. bulgaricus* (reactor 1), para el reactor 2 se empleó *L. bulgaricus* (6.0×10^4 UFC/g) y *S. cerevisiae* (6.0×10^4 UFC/g), y *S. cerevisiae* para el reactor 3, manteniendo una concentración de 1.20×10^5 UFC/g. Los porcentajes de reducción se calcularon como la diferencia entre la absorbancia del colorante antes de haber sido puesto en contacto con el microorganismo y la absorbancia del colorante después del contacto con el microorganismo. Los resultados muestran reducciones de color en agua alrededor del 58% a una longitud de onda de 416 nm cuando se empleó *S. cerevisiae*, mientras que, para las longitudes de onda de 560nm y 630nm, las máximas reducciones estuvieron alrededor de 40% y 43%, respectivamente, bajo el empleo de *L. bulgaricus* de forma individual. Además, se observó que el uso conjunto de ambos microorganismos puede permitir la reducción del color alrededor del 51% para 416 nm y 38% para las longitudes de onda de 560 nm y 630 nm. Debido a que el agua residual producto de la coloración de flores es una mezcla de diferentes coloraciones, el porcentaje de reducción del color para las diferentes longitudes de onda medidas muestran que, efectivamente, el empleo de ambos microorganismos favorece la degradación de los colorantes, teniendo un efecto sinérgico, ya que para las tres longitudes de onda se observan altas reducciones del color. Los resultados muestran una adaptación de los microorganismos a los contaminantes, favoreciendo la reducción del color. Sin embargo, con el tiempo se observa que estas eficiencias

disminuyen, probablemente debido al agotamiento de los nutrientes, que conduce a la muerte celular. Estos resultados muestran que los microorganismos empleados tienen una aplicación potencial en procesos de descontaminación de aguas residuales producto del teñido de flores.

Figura 1. *Reducción de color de las aguas residuales de la coloración de flores utilizando L. bulgaricus (reactor 1), L. bulgaricus y S. cerevisiae (reactor 2) o S. cerevisiae (reactor 3)*



Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria y al CODEI por la financiación para la realización del proyecto.

Referencias

Collivignarelli, M. C., Abbà, A., Carnevale Miino, M. y Damiani, S. (2019). Treatments for color removal from wastewater: State of the art. *Journal of Environmental Management*, *236*, 727-745. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.094

Giraldo Raigoza, M. (2017). *Remoción de colorantes de aguas residuales resultantes del tinturado de flores* [Tesis de grado, Universidad EAFIT]. http://hdl.handle.net/10784/13228

Portafolio. (28 de enero de 2022). *Ventas históricas de flores*. https://www.portafolio.co/economia/finanzas/ventas-historicas-de-flores-561093

Zafar, S., Bukhari, D. A. y Rehman, A. (2022). Azo dyes degradation by microorganisms – An efficient and sustainable approach. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *29*(12). https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103437

Caudalímetro IoT

Germán Alonso Rojas López[1*], Sara Ramírez Silva[1], Valentina Palacio Muriel[1], Paula Andrea Manco Alcaraz[1], Stefany Restrepo Buriticá[1], Juan David Correa Estrada[2]

[1] Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, [2] Docente asesor Semillero en Investigación de Ciencias Ambientales (SICA)

La medición de caudal tiene una gran importancia ambiental debido a que permite conocer la cantidad de agua presente en un proceso, logrando la adquisición de datos necesarios para tomar decisiones en términos de optimizar la gestión del agua.

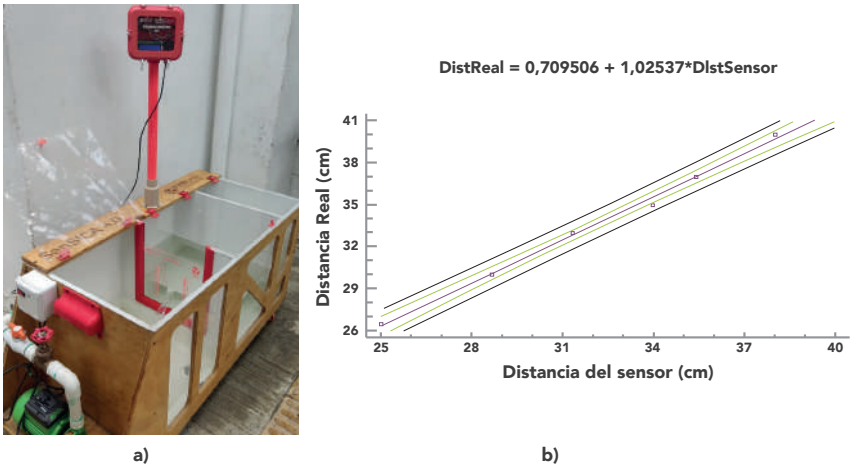
En la actualidad, existen diferentes maneras convencionales de medir un caudal; sin embargo, gracias a los avances tecnológicos, es posible la detección del nivel del agua a través de sensores (Moreno *et al.*, 2019), acelerando la recopilación de datos, mejorando la cantidad, precisión y exactitud de los mismos y ayudando a proporcionar nueva información (Schütze *et al.*, 2018; Andramuño Cando, 2020). Sin embargo, hoy en día muchos procesos cuentan con altos niveles de desperdicio del recurso o tienen una baja cantidad de datos de caudal en el monitoreo de vertimientos y concesiones (Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas- Secretaría Técnica Comisión ODS, 2021). Este proyecto busca prototipar un sistema de medición automática de caudal en estructuras hidráulicas, para la obtención de datos y conectividad por sistemas IoT, con el fin de mejorar la gestión del recurso hídrico.

El prototipo permite llevar el control y seguimiento de caudales, aportando directamente a "garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos", según el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6 (Agua limpia y saneamiento).

Se prototipó un dispositivo electrónico para medir la altura del agua en una estructura tipo vertedero, con el fin de monitorear y almacenar los datos, para, posteriormente, ser enviados en tiempo real a un servidor en la nube o app en diferentes dispositivos. Se usó una placa de Arduino Mega para la obtención de datos, integrándola a una tarjeta SD y una placa RTC. El envío de datos a la nube y las apps se realizó mediante una tarjeta ESP32 integrada a las placas anteriormente mencionadas. Para medir la altura del agua, se usó el sensor de ultrasonido JSN-04 de bajo costo y un sensor de temperatura DS18B20 que permite medir la temperatura del aire, con el fin de compensar los cambios de la velocidad de la onda ultrasónica. Dichos sensores fueron calibrados y validados en laboratorio para ajustar sus datos y se analizó la información en software estadístico. La programación del prototipo se realizó en el software libre Arduino IDE. Mediante tratamiento estadístico, con filtro de medianas en la programación, se realizó un suavizado de las señales electrónicas y promedio de los datos para evitar ruidos de señales, mejorando su exactitud. Para validar en campo, se diseñó y construyó, en colaboración con el laboratorio de fabricación digital y diseño paramétrico de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, una caja aforadora, usando sistemas de ruteo, corte láser e impresión 3D, que cuenta con una cámara de aquietamiento, una zona de flujo laminar y un vertedero de 30° para bajos caudales (70 a 800 mL/s), donde se mide la altura con el sensor y en pantalla pueden observarse datos importantes, entre ellos el

caudal (si se tiene la calibración del vertedero). Este prototipo es funcional y es un producto usado en los laboratorios de hidráulica y aguas del Colmayor.

Figura 1. *a) Prototipo funcional, medidor de caudales. b) Modelo de calibración del sensor de ultrasonido*



a) b)

Agradecimientos

Al laboratorio de fabricación digital y diseño paramétrico (FABLAB) de Colmayor.

Referencias

Andramuño Cando, J. P. (2020). Prototipos de sensores inteligentes de caudal y nivel para la operación de un subsistema de filtrado en una planta potabilizadora de agua [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14413

Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas-Secretaría Técnica Comisión ODS. (2021). Informe anual de avance de la implementación de los ODS en Colombia 2021. Departamento Nacional de Planeación. https://assets.ctfassenet/27p7ivvbl4bs/7myPrzLxNgtrlV0ZZ9PLS6/4fcaa686e86371ab12de75c69f382571/2021-12-29_Informe_final_2021.pdf

Moreno, C., Aquino, R., Ibarreche, J., Pérez, I., Castellanos, E., Álvarez, E., Rentería, R., Anguiano, L., Edwards, A., Lepper, P., Edwards, R. M. y Clark, B. (2019). RiverCore: IoT Device for River Water Level Monitoring over Cellular Communications. Sensors, 19(1). https://doi.org/10.3390/S19010127

Schütze, A., Helwig, N. y Schneider, T. (2018). Sensors 4.0 – smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0. Journal of Sensors and Sensor Systems, 7(1), 359-371. https://doi.org/10.5194/jsss-7-359-2018

---

* e-mail: geralonso1212@gmail.com

Remoción del antibiótico doxiciclina empleando ultrasonido de baja frecuencia

Rafael Santiago Cárdenas-Sierra[1*], Henry N. Zúñiga-Benítez[1,2], Gustavo A. Peñuela[1]

[1] Grupo GDCON, Facultad de Ingeniería, Sede de Investigación Universitaria (SIU), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [2] Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

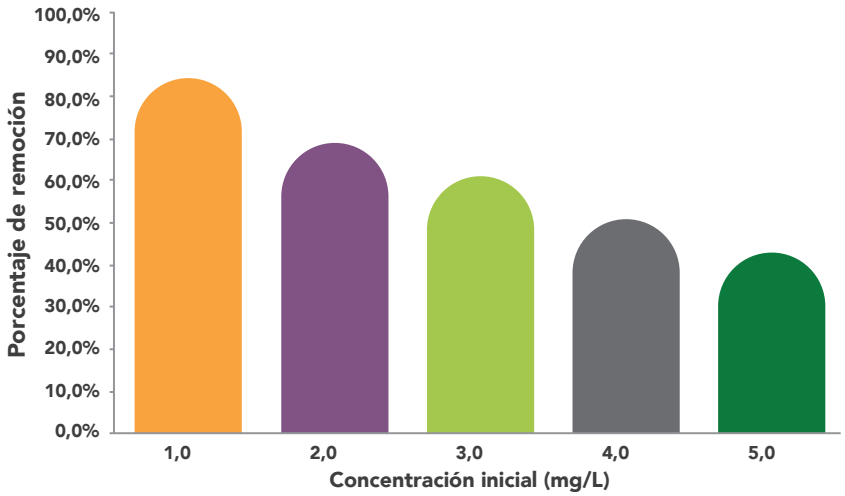
El ultrasonido (US) es una tecnología avanzada de oxidación (TAO) que ha recibido una atención considerable debido a sus propiedades para generar radicales hidroxilo (HO•) y otros radicales oxigenados. Es empleado para el tratamiento de aguas contaminadas con productos orgánicos que no son tratables por medio de técnicas convencionales debido a su elevada estabilidad química y baja biodegradabilidad (Camargo Perea *et al.*, 2020).

La doxiciclina (DOX) es uno de los antibióticos de mayor uso a nivel nacional y mundial, debido a su amplio efecto contra microorganismos patógenos en animales y humanos. Este compuesto presenta absorción incompleta durante su metabolización y, además, ha sido detectado en gran medida en el medio ambiente, dando como resultado su presencia en una variedad de matrices ambientales (Cong y Bao, 2020; Borghi *et al.*, 2015). Cuando los antibióticos llegan a los cuerpos de agua, pueden provocar una selección de

microorganismos e inducir la producción de cepas bacterianas resistentes, las cuales, al entrar en contacto con los seres vivos, pueden causar enfermedades no tratables con los fármacos habituales, fenómeno conocido como resistencia bacteriana.

El empleo de US podría jugar un papel importante en la solución de problemáticas ambientales con repercusión en la calidad de vida de las personas, ya que su uso no implica el requerimiento de reactivos químicos adicionales, promueve la remoción selectiva de acuerdo con la naturaleza del contaminante y favorece la transferencia de masa (Estrada-Flórez *et al.*, 2020). Así pues, este estudio presenta los principales resultados relacionados con la evaluación del uso de ultrasonido de baja frecuencia (40 kHz) en la eliminación de DOX en soluciones acuosas, considerando los efectos de parámetros como el pH y la potencia ultrasónica nominal. La metodología de superficie de respuesta y un diseño experimental compuesto de cara centrada permitieron evidenciar los efectos de los diferentes parámetros involucrados en la remoción del antibiótico. Asimismo, se incluyeron pruebas control, la cuantificación del carbono orgánico total y la presencia de iones. Los resultados obtenidos indicaron que las variables evaluadas afectan significativamente la remoción de DOX y que el empleo del ultrasonido podría constituirse en una tecnología eficaz para el tratamiento de aguas contaminadas con antibióticos. Además, en cuanto a la mineralización, los resultados experimentales mostraron una reducción del carbono orgánico presente en las soluciones y un aumento significativo de la concentración de iones (nitratos y sulfatos), lo que sugiere que parte de la materia orgánica se transformó en CO_2, H_2O y especies inorgánicas. La Figura 1 ejemplifica algunos de los resultados obtenidos en función de la concentración inicial de DOX.

Figura 1. *Remoción de DOX empleando US en función de la concentración inicial del contaminante*



Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Sapiencia Posgrados Nacionales, a la Alcaldía de Medellín y a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia por el apoyo financiero prestado a este trabajo de investigación.

Referencias

Borghi, A. A., Silva, M. F., Al Arni, S., Converti, A. y Palma, M. S. A. (2015). Doxycycline Degradation by the Oxidative Fenton Process. *Journal of Chemistry*, 2015. https://doi.org/10.1155/2015/492030

Camargo Perea, A. L., Rubio-Clemente, A. y Peñuela, G. A. (2020). Use of Ultrasound as an Advanced Oxidation Process for the Degradation of Emerging Pollutants in Water. *Water*, *12*(4). https://doi.org/10.3390/w12041068

Cong, X. y Bao, J. (2020). Preparation of a PbO_2 Electrode with Graphene Interlayer and for Electrochemical Oxidation of Doxycycline. *International Journal of Electrochemical Science*, *15*, 4352-4367. https://doi.org/10.20964/2020.05.16

Estrada-Flórez, S. E., Serna-Galvis, E. A. y Torres-Palma, R. A. (2020). Photocatalytic vs. sonochemical removal of antibiotics in water: Structure-degradability relationship, mineralization, antimicrobial activity, and matrix effects. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *8*(5). https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104359

---

* e-mail: rsantiago.cardenas@udea.edu.co

Implementación de un sistema de economía circular para pequeñas poblaciones, caso de estudio municipio Entrerríos Antioquia

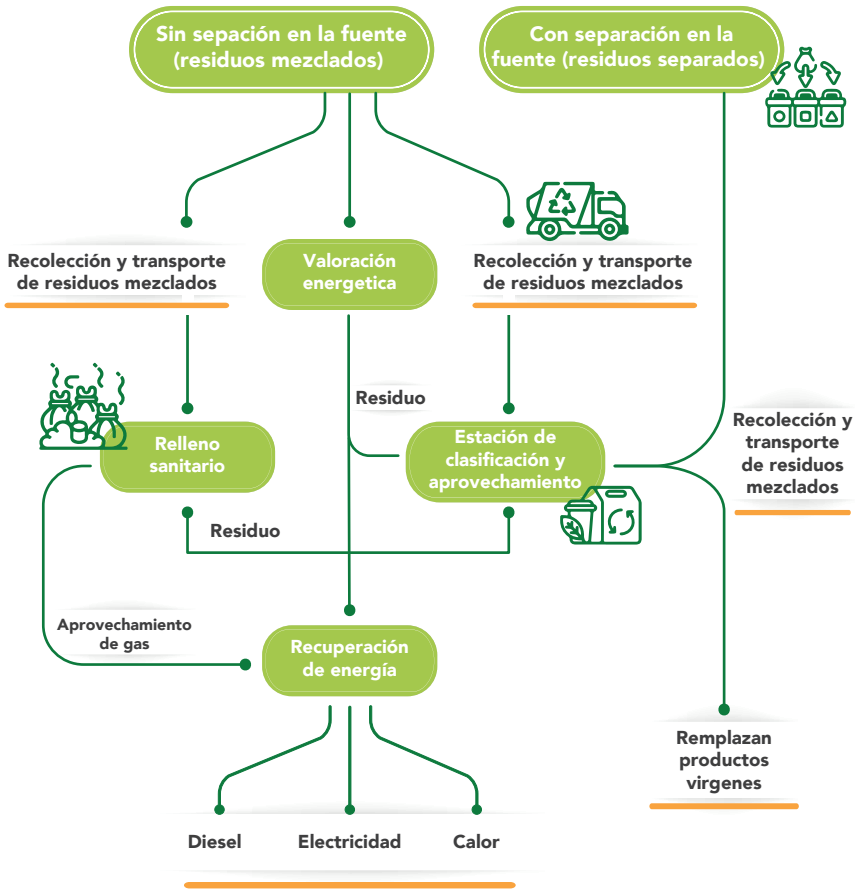
Andrés Felipe Montoya Rendón[1], Sergio Humberto Valencia Hurtado[2], Alejandra Díaz Gómez[3]

[1] Ingeniero Ambiental, magister en Gestión y Auditoría Ambientales, doctorando en Educación y Estudios Sociales, [2] Ingeniero químico, PhD Ingeniería Ambiental, [3] Ingeniería Ambiental, especialista en Gestión, Tratamiento y Valoración de Residuos Sólidos

Una de las grandes problemáticas en cuanto a la gestión de residuos en las pequeñas poblaciones alejadas de las ciudades principales de Colombia es la disposición de residuos sólidos, toda vez que muy pocas cuentan con rellenos sanitarios bien manejados y en muchos casos estos se convierten en botaderos a cielo abierto, los cuales deben ser clausurados por las autoridades ambientales. La anterior problemática ha conllevado a que los carros recolectores de residuos sólidos pasen de su función principal, la cual es recolectar, a la de transportar residuos sólidos. Este es el caso del municipio de Entrerríos (Antioquia), donde se clausuró el relleno sanitario y se están transportando los residuos hacia el relleno más cercano, el cual se encuentra aproximadamente a 78 km de distancia, aumentando, de esta forma, el valor dispuesto por tonelada. En el siguiente trabajo se demuestra cómo, a partir de la implementación de un sistema de economía circular en

una población como la de Entrerríos, se pueden generar unos rendimientos de aprovechamiento de más del 90% por medio de sistemas de compostaje, reciclaje y valoración energética, lo cual implica, a su vez, una disminución significativa en la tasa de aseo del municipio.

Figura 1. Flujo de economía circular de residuos sólidos para el municipio de Entrerríos (Antioquia)



Fuente: Elaboración propia, a partir de Hou et al. (2018).

Referencias

Hou, P., Xu, Y., Taiebat, M., Lastoskie, C., Miller, S. A. y Xu, M. (2018). Life cycle assessment of end-of-life treatments for plastic film waste. *Journal of Cleaner Production*, *201*, 1052-1060. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.278

Bibliografía

Adeniran, A. E., Nubi, A. T. y Adelopo, A. O. (2017). Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. *Waste Management*, *67*, 3-10. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.002

Brunner, P. H. y Rechberger, H. (2015). Waste to energy – key element for sustainable waste management. *Waste Management*, *37*, 3-12. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.003

Montoya Rendón, A. F., Valencia Hurtado, S. H., Sánchez Mesa, A. M. y Vélez González, J. M. (2018). Valoración de los residuos sólidos de la Comuna Dos de Bello (Antioquia), como sistema alternativo de aprovechamiento. *Cuaderno Activa*, *10*(1), 67-86. https://doi.org/10.53995/20278101.494

Ordenanza 10 de 2016 [Asamblea Departamental de Antioquia]. Por medio de la cual se institucionaliza el programa "Basura Cero" en el departamento de Antioquia. 22 de abril de 2016.

Recuperación de cobre a partir de aguas contaminadas con el complejo CU-EDTA mediante un método electroquímico

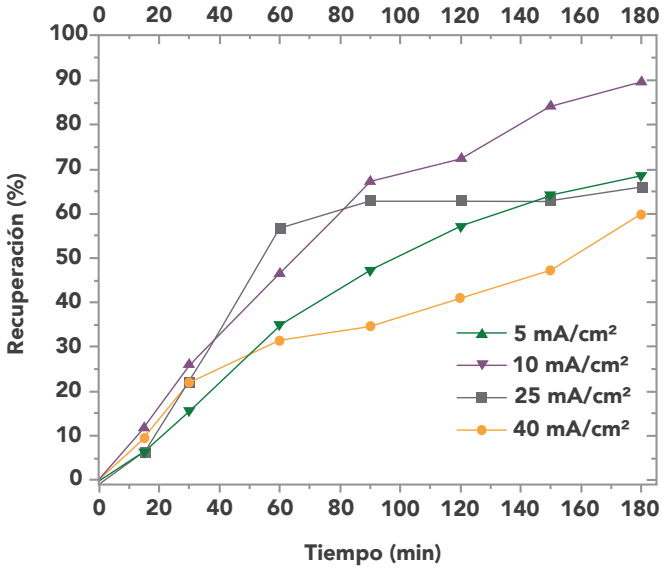
Giovanny Sandoval-Montoya[1*], Andrés Julián Londoño[1], Robison Buitrago-Sierra[2], Manuel Romero-Sáez[3], Carolina Ramírez-Sánchez[3]

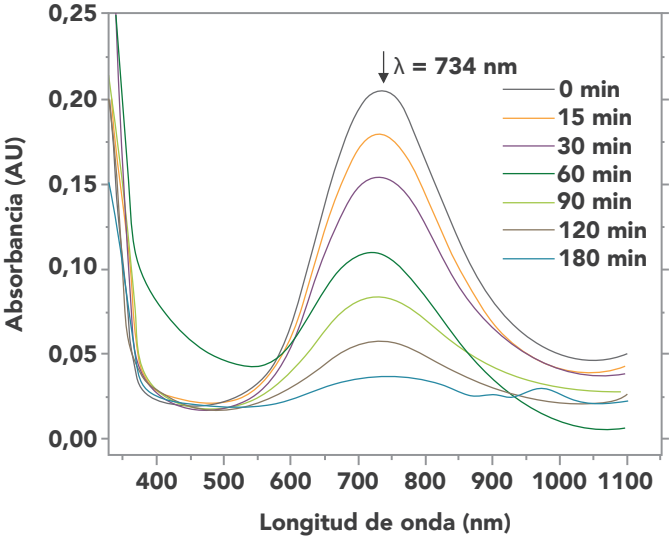
[1] Semillero de Retos Químicos (SERQ), Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, [2] Grupo MATYER, Facultad de Ingenierías, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, [3] Grupo ALQUIMIA, Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín

La electrólisis ha demostrado ser un tratamiento efectivo para el tratamiento de las aguas residuales contaminadas con metales pesados (Zhu *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2012), ya que permite eliminar el metal del medio acuoso y recuperarlo para su posible reutilización, aportando así un valor agregado. Sin embargo, diferentes actividades industriales han causado que agentes quelantes, como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), formen complejos metálicos con una estabilidad y una toxicidad elevadas (Sorvari y Sillanpää, 1996; Ye *et al.*, 2021), siendo difíciles de separar o eliminar mediante los tratamientos convencionales de aguas residuales. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la recuperación de cobre y la posible degradación de EDTA mediante electrólisis en aguas contaminadas con el complejo CuEDTA. Se determinaron parámetros termodinámicos del

proceso basado en constantes de estabilidad. Los ensayos electroquímicos se realizaron a un pH 9 utilizando electrodos de grafito y cobre como ánodo y cátodo, respectivamente. Se varió la densidad de corriente a valores de 5, 10, 25 y 40 mA/cm^2. Como resultado, con una densidad de corriente de 5 mA/cm^2 se logró la máxima recuperación, del 89.7% del metal, alcanzada al cabo de 180 minutos (Figura 1a). Los resultados también demuestran que, a medida que la densidad de corriente aumenta, la recuperación de cobre disminuye. Esta disminución es atribuida a la evolución de hidrógeno que ocurre a corrientes más elevadas, compitiendo así con la reducción de Cu^{2+} a $Cu_{(s)}$ (Wang *et al.*, 2021). Adicionalmente, a través de espectrofotometría UV-Vis, se evidenció la eliminación del complejo Cu-EDTA a medida que transcurre el tiempo de electrólisis, como se observa en la Figura 1b. Además, a través de un análisis SEM-EDS, se caracterizó el cobre recuperado en el cátodo, obteniéndose una morfología granular. Lo anterior demuestra la posibilidad de implementar la electrólisis para la recuperación de cobre y la eliminación efectiva de complejos metálicos presentes en medios acuosos, apuntando así al objetivo número 6 de los ODS (Agua limpia y saneamiento).

Figura 1. (a) Efecto de la densidad de corriente sobre el porcentaje de recuperación de Cu; (b) evolución de la absorbancia del complejo Cu-EDTA con el tiempo a 25 mA/cm2





b

Referencias

Chen, R., Chai, L., Wang, Y., Liu, H., Shu, Y. y Zhao, J. (2012). Degradation of organic wastewater containing Cu-EDTA by Fe-C micro-electrolysis. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, *22*(4), 983-990. https://doi.org/10.1016/S1003-6326(11)61274-0

Sorvari, J. y Sillanpää, M. (1996). Influence of metal complex formation on heavy metal and free EDTA and DTPA acute toxicity determined by *Daphnia magna*. *Chemosphere*, *33*(6), 1119-1127. https://doi.org/10.1016/0045-6535(96)00251-2

Wang, J., Chen, S., Zeng, X., Huang, J., Liang, Q., Shu, J., Chen, M., Xiao, Z., Zhao, H. y Sun, Z. (2021). Recovery of high purity copper from waste printed circuit boards of mobile phones by slurry electrolysis with ammonia-ammonium system. *Separation and Purification Technology*, *275*. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119180

Ye, S., Chen, Y., Yao, X. y Zhang, J. (2021). Simultaneous removal of organic pollutants and heavy metals in wastewater by photoelectrocatalysis: A review. *Chemosphere*, *273*. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128503

Zhu, Y., Fan, W., Zhou, T. y Li, X. (2019). Removal of chelated heavy metals from aqueous solution: A review of current methods and mechanisms. *Science of The Total Environment*, *678*, 253-266. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.416

---

* e-mail: giovannysandoval264449@correo.itm.edu.co

Evaluación de la actividad fotocatalítica de materiales obtenidos a partir de efluentes de decapado de la industria de galvanizado

Alejandro Ramírez Marín[1], Luz M. Ocampo-Carmona[1], David A. Ortiz-Muñoz[2], Erasmo Arriola Villaseñor[2], Alfonso Talavera-López[3], Alejandro David Ortiz Marin[4], Alba N. Ardila A.[2*]

[1] Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, [2] Grupo de Investigación CAMER, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Antioquia, Colombia, [3] Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ siglo XXI, [4] Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Culiacán

El proceso de la industria de galvanizado por inmersión en caliente genera una gran cantidad de efluentes tóxicos debido a su alta carga metálica. El fin de la vida útil de un baño decapante ocurre cuando se sobrepasa el punto de saturación de Fe (~150 g/L), o de Zn (160-200 g/L) (Choudhary *et al.*, 2022). La disposición final de estos efluentes se ha convertido en un problema de tipo ambiental y económico. Por lo tanto, en la presente investigación se valorizaron residuos de decapado mediante la obtención de materiales fotocatalíticos a base de Fe y Zn, se identificaron sus principales propiedades fisicoquímicas y morfológicas y, además, se evaluó su potencial fotocatalítico en la degradación y mineralización de moléculas

complejas de colorantes de aguas residuales en la industria de cerámicos en Colombia. Los materiales de Fe-Zn se sintetizaron por coprecipitación usando KMnO4 0.5 M o H_2O_2 13% como agentes oxidantes y diferentes concentraciones de $H_2C_2O_4$ como agente precipitante (1 M, 1.5 M y 2 M). Los precipitados obtenidos se calcinaron bajo atmósfera de aire hasta la temperatura deseada a 1 °C/min y manteniéndolos a esa temperatura por 2 horas. Los diferentes materiales sintetizados están compuestos principalmente por Fe y Zn en proporciones similares que varían en un rango entre 30 y 40% p/p. Dichos resultados se lograron con la metodología que se indica en la Tabla 1, con las diferentes rutas de síntesis que se emplearon para cada material fotocatalítico. Se encontró que el material oxidado con peróxido de hidrógeno mostró mejores resultados de área BET, mientras que los materiales calcinados a 450 °C presentaron el doble de área superficial que aquellos calcinados a 600 °C. Además, el band gap obtenido en todas las síntesis fue de alrededor 1.2-1.4 eV; dichos valores están por debajo del rango reportado (1.9 Ev) en la literatura para este tipo materiales (Randazzo *et al.*, 2021; Zueva *et al.*, 2021). Adicionalmente, se obtuvieron resultados de degradación de color (azul reactivo 21) de hasta el 100% para concentraciones de aguas con colorantes reales de la industria de cerámicas.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de las partículas de Fe-Zn y porcentaje de decoloración

Código	Condiciones de síntesis	Fe (porcentaje)	Zn (porcentaje)	Área BET (m2/g)	pHZ	Band gap (eV)	Degradación (porcentaje)
K1-450	KMnO4 0.5 M, H2C2O4 1 M y calcinación a 450 °C	28.4	28.9	23.1	6.85	1.31	85.96
K1-600	KMnO4 0.5 M, H2C2O4 1 M y calcinación a 600 °C	29.8	29.0	12.0	7.03	1.31	70.88
K1.5-450	KMnO4 0.5 M, H2C2O4 1.5 M y calcinación a 450 °C	35.6	27.8	26.7	6.64	1.32	86.66
K1.5-600	KMnO4 0.5 M, H2C2O4 1.5 M y calcinación a 450 °C	36.5	28.9	12.7	6.93	1.28	91.42

Código	Condiciones de síntesis	Fe (porcentaje)	Zn (porcentaje)	Área BET (m2/g)	pHZ	Band gap (eV)	Degradación (porcentaje)
K2-450	KMnO4 0.5 M, H2C2O4 2 M y calcinación a 450 °C	40.2	27.7	21.7	7.02	1.16	96.50
K2-600	KMnO4 0.5 M, H2C2O4 2 M y calcinación a 600 °C	36.6	28.1	12.4	6.89	1.14	100.00
H1-450	H2O2 13%, H2C2O4 1 M y calcinación a 450 °C	29.7	28.8	40.0	6.92	1.30	99.34
H1-600	H2O2 13%, H2C2O4 1 M y calcinación a 600 °C	31.5	29.2	19.7	6.84	1.38	100.00
H1.5-450	H2O2 13%, H2C2O4 1.5 M y calcinación a 450 °C	35.8	28.0	41.6	6.94	1.36	97.40

Código	Condiciones de síntesis	Fe (porcentaje)	Zn (porcentaje)	Área BET (m2/g)	pHZ	Band gap (eV)	Degradación (porcentaje)
H1.5-600	H2O2 13%, H2C2O4 1.5 M y calcinación a 450 °C	40.6	29.5	17.1	6.23	1.28	100.00
H2-450	H2O2 13%, H2C2O4 2 M y calcinación a 450 °C	41.0	28.6	35.6	6.88	1.37	100.00
H2-600	H2O2 13%, H2C2O4 2 M y calcinación a 600 °C	36.3	28.2	21.0	6.83	1.38	100.00

La valorización de estos residuos y la degradación de otros, como los colorantes, aportan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como el número 6 (Agua limpia y saneamiento) o el 12 (Producción y consumo responsable).

Agradecimientos

Los autores agradecen al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cavidad y a la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo financiero al proyecto "Valorización de las corrientes residuales del proceso de galvanizado en caliente", código Hermes 47275 de la convocatoria Nacional para el Fomento de Alianzas Interdisciplinarias que articulen Investigación, Creación, Extensión y Formación en la Universidad Nacional de Colombia 2019-2021, y a la Empresa Galco S.A.S. por todo el apoyo brindado en el acompañamiento del proceso de galvanizado por inmersión en caliente y las muestras de decapado, que fueron la materia prima.

Referencias

Choudhary, S., Sharma, M., Krishnan, V. y Mohapatra, S. (2022). Facile synthesis, morphological, structural, photocatalytic and optical properties of $ZnFe_2O_4$-ZnO hybrid nanostructures. *Journal of Alloys and Compounds*, *895*(2). https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.162723

Randazzo, S., La Corte, D., Gueccia, R., Cipollina, A. y Micale, G. (2021). Metals Recovery from Waste Pickling Solutions by Reactive Precipitation. *Chemical Engineering Transactions*, *86*, 1045-1050. https://doi.org/10.3303/CET2186175

Zueva, S. B., Ferella, F., Innocenzi, V., de Michelis, I., Corradini, V., Ippolito, N. M. y Vegliò, F. (2021). Recovery of Zinc from Treatment of Spent Acid Solutions from the Pickling Stage of Galvanizing Plants. *Sustainability*, *13*(1). https://doi.org/10.3390/su13010407

---

* e-mail: anardila@elpoli.edu.co

Eliminación de antibióticos mediante el uso de tecnologías avanzadas de oxidación basadas en ultrasonido en agua residual hospitalaria simulada

Juan F. López-Rivas[1], Nicolás Ruiz-Restrepo[1], Henry N. Zúñiga-Benítez[1,2*], Gustavo A. Peñuela[2]

[1] Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [2] Grupo GDCON, Facultad de Ingeniería, Sede de Investigación Universitaria (SIU), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

La doxiciclina (DOX) y la cefalexina (CFX) son antibióticos de amplio espectro utilizados para el tratamiento de una gran variedad de enfermedades causadas por bacterias (Basturk *et al.*, 2021; Kong *et al.*, 2019). La DOX es una tetraciclina sintética que posee propiedades antibacterianas, además de propiedades antinflamatorias, empleada en el tratamiento de infecciones del tracto respiratorio, la piel, el aparato digestivo y el aparato reproductor (Navarro-Triviño *et al.*, 2020). Por su parte, la CFX es una cefalosporina de primera generación, obtenida de manera semisintética, con un espectro de actividad frente a bacterias gramnegativas; presenta una estabilidad considerable frente a cambios de pH y temperatura y es comúnmente utilizada para tratar infecciones en vías respiratorias, como la neumonía, así como en huesos, oídos y

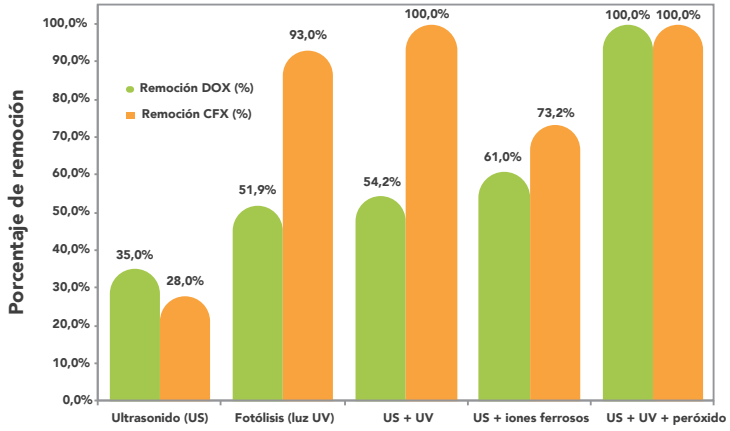
tracto urinario, entre otras (Droguett *et al.*, 2020). La DOX y la CFX se encuentran entre los cinco antibióticos más prescritos en Colombia, lo cual ha propiciado su ingreso constante a diferentes cuerpos de agua, incluyendo efluentes de plantas de tratamiento, ríos, aguas subterráneas y embalses (Serna-Galvis *et al.*, 2022).

Por su parte, las tecnologías avanzadas de oxidación constituyen un conjunto de procesos capaces de promover la eliminación de contaminantes gracias a la generación de especies altamente oxidantes, como son los radicales hidroxilo (HO•), los cuales pueden ser generados a través de diferentes mecanismos, como es el uso de ultrasonido de alta frecuencia (US), con el cual, gracias a la formación de burbujas de cavitación, se promueve la descomposición de vapor de agua, formando diferentes radicales (Serna-Galvis *et al.*, 2015). No obstante, una de las desventajas del uso de ultrasonido como tecnología avanzada de oxidación es el hecho que los HO• pueden recombinarse, formando peróxido de hidrógeno (H_2O_2), por lo que la adición de luz ultravioleta (UV) y iones ferrosos (Fe^{2+}) a la solución reaccionante se ha propuesto como una alternativa para favorecer la eliminación de contaminantes debido a una mayor generación de radicales (Huang *et al.*, 2017).

Otro aspecto que debe considerarse a la hora de evaluar la potencial aplicación de ultrasonido en el tratamiento de aguas con presencia de contaminantes orgánicos es el efecto matriz, es decir, el tipo de constituyentes presentes en el agua a tratar, pues, en muchas ocasiones, este factor puede inhibir o promover la eliminación de las moléculas de interés. En el caso particular de los antibióticos, su presencia es mayor en aguas residuales hospitalarias, las cuales pueden contener diferentes tipos de especies químicas y biológicas (Chonova *et al.*, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación buscó evaluar la potencial aplicación de algunos tratamientos basados en ultrasonido, como US, US/UV, US/H_2O_2/UV y US/Fe^{2+}, en la remoción de DOX y CFX en agua residual hospitalaria simulada, considerando el efecto de parámetros operacionales como el pH y la potencia. Así, los resultados experimentales demostraron que la combinación con peróxido y luz UV promueve una mayor eliminación de los analitos debido a posibles efectos sinérgicos; además, en comparación con experimentos realizados en agua desionizada, se demostró que, en efecto, la matriz agua residual hospitalaria inhibe la remoción de los antibióticos debido a la interferencia de las especies presentes sobre la reacción de DOX y CFX con los radicales formados. Estos hallazgos permiten evidenciar que este tipo de tratamiento permite mejorar la calidad del agua y, por ende, la salud pública y la conservación de recursos ambientales. La Figura 1 presenta los principales resultados obtenidos en la investigación.

Figura 1. Resultados remoción de DOX y CFX en agua residual hospitalaria simulada empleando diferentes tecnologías



Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia por su apoyo técnico y económico durante la realización de la investigación.

Referencias

Basturk, I., Varank, G., Murat-Hocaoglu, S., Yazici-Guvenc, S., Can-Guven, E., Oktem-Olgun, E. E. y Canli, O. (2021). Simultaneous degradation of cephalexin, ciprofloxacin, and clarithromycin from medical laboratory wastewater by electro-Fenton process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *9*(1). https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104666

Chonova, T., Keck, F., Labanowski, J., Montuelle, B., Rimet, F. y Bouchez, A. (2016). Separate treatment of hospital and urban wastewaters: A real scale comparison of effluents and their effect on microbial communities. *Science of The Total Environment*, *542*(A), 965-975. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.161

Droguett, C., Salazar, R., Brillas, E., Sirés, I., Carlesi, C., Marco, J. F. y Thiam, A. (2020). Treatment of antibiotic cephalexin by heterogeneous electrochemical Fenton-based processes using chalcopyrite as sustainable catalyst. *Science of The Total Environment*, *740*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140154

Huang, T., Zhang, G., Chong, S., Liu, Y., Zhang, N., Fang, S. y Zhu, J. (2017). Effects and mechanism of diclofenac degradation in aqueous solution by US/Zn^0. *Ultrasonics Sonochemistry*, *37*, 676-685. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.02.032

Kong, Y., Wang, L., Ge, Y., Su, H. y Li, Z. (2019). Lignin xanthate resin–bentonite clay composite as a highly effective and low-cost adsorbent for the removal of doxycycline hydrochloride antibiotic and mercury ions in water. *Journal of Hazardous Materials*, *368*, 33-41. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.01.026

Navarro-Triviño, F. J., Pérez-López, I. y Ruiz-Villaverde, R. (2020). Doxiciclina, ¿antibiótico o antiinflamatorio? Usos más frecuentes en dermatología. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, *111*(7), 561-566. https://doi.org/10.1016/j.ad.2019.12.006

Serna-Galvis, E., Martínez-Mena, Y. L., Porras, J. y Torres-Palma, R. A. (2022). Antibióticos de alto consumo en Colombia, excreción en orina y presencia en aguas residuales – una revisión bibliográfica. *Ingeniería y Competitividad*, *24*(1). https://doi.org/10.25100/iyc.v24i1.11267

Serna-Galvis, E. A., Silva-Agredo, J., Giraldo-Aguirre, A. L. y Torres-Palma, R. A. (2015). Sonochemical degradation of the pharmaceutical fluoxetine: Effect of parameters, organic and inorganic additives and combination with a biological system. *Science of The Total Environment*, *524-525*, 354-360. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.053

---

* e-mail: henry.zuniga@udea.edu.co

Efecto de la aplicación de ozono como preoxidante en el proceso de potabilización en la planta San Nicolás

Mike Vásquez Vásquez[1*], Rodolfo Mira Betancur[2], Henry Zúñiga-Benítez[1,3]

[1] Grupo GDCON, Facultad de Ingeniería, Sede de Investigación Universitaria (SIU), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [2] Unidad de Producción de Aguas Empresas Públicas de Medellín (EPM), [3] Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Debido a la presencia de cianobacterias, materia orgánica natural y metales y al deterioro de la calidad microbiológica dentro del Embalse La Fe, el cual abastece a la planta de potabilización San Nicolás, en el departamento de Antioquia (Colombia), se evaluó la aplicación de una etapa de preoxidación de contaminantes, con el fin de mejorar cada una de las siguientes etapas del proceso y, a la vez, la calidad del agua potable de la planta, teniendo en cuenta que las cianobacterias presentes en el embalse producen toxinas que pueden representar un riesgo para la salud humana Igualmente, la alta carga de materia orgánica natural y de concentración de microorganismos debe ser removida previo al proceso de potabilización, ya que el proceso convencional no logra una remoción completamente eficiente de estos parámetros.

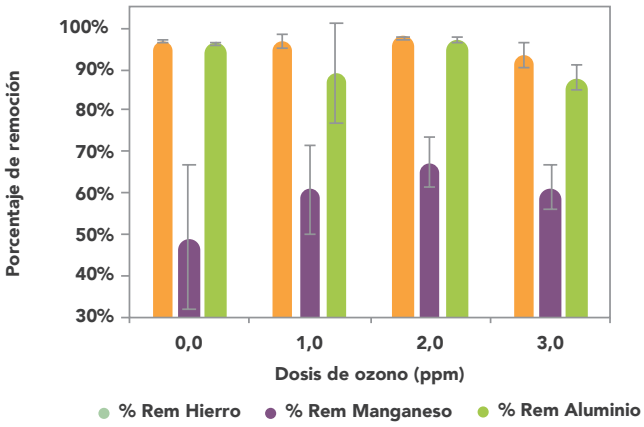
En la etapa de preoxidación se retiran del agua cruda el color, el olor, el sabor, sustancias inorgánicas y compuestos orgánicos. Este proceso disminuye la turbidez y la concentración de los precursores de los THM (trihalometanos) y de compuestos organoclorados, además de evitar el crecimiento de algas dentro del proceso (Osorio Robles *et al.*, 2010). Adicionalmente, facilita que muchos contaminantes puedan ser removidos con mayor facilidad en las etapas posteriores al proceso convencional de potabilización y, a la vez, permite la optimización de la dosificación de las sustancias químicas utilizadas en el tratamiento del agua, como es el caso de coagulantes, adsorbentes y desinfectantes.

La reacción de oxidación del ozono por vía molecular con algunos de los contaminantes, tanto microorganismos como compuestos orgánicos e inorgánicos, genera una disminución de su concentración durante el proceso de potabilización. La remoción de estos contaminantes aumenta gracias a la aplicación de los demás productos químicos implementados en las diferentes etapas del proceso (Rodríguez Vidal, 2003). El aumento en la dosis aplicada de ozono influyó directamente en el proceso: cuando se aplicó 1.0 ppm de ozono, la disminución de concentraciones fue notoria; en el caso de 2.0 ppm, se logró una alta remoción para todos los indicadores y para algunos parámetros fue la dosis más adecuada.

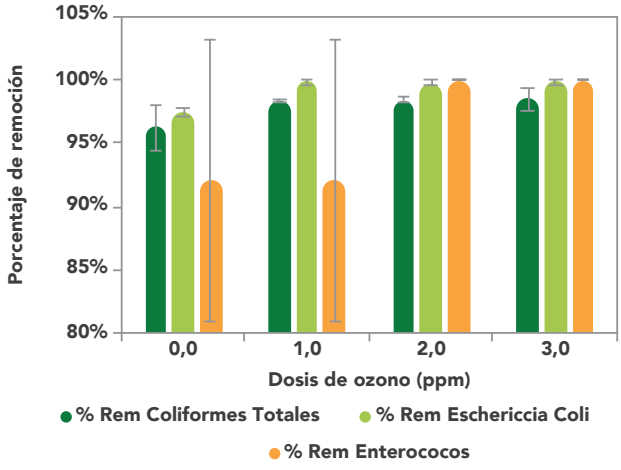
La aplicación de un proceso de oxidación avanzada, en el cual el ozono, en compañía de otro agente oxidante como el H_2O_2 (peróxido de hidrógeno) (Rodríguez Vidal *et al.*, 2000), permitiría reducir la concentración de compuestos que los agentes convencionales no logran retirar, generaría, además, una disminución considerable del potencial de formación de trihalometanos, como subproductos de la desinfección por cloración. Las condiciones de operación del sistema de generación de ozono son muy sensibles; por ello, debe

garantizarse su correcta ejecución para no perjudicar la continuidad del sistema. La Figura 1 presenta los principales resultados asociados con el efecto de la dosis de ozono aplicada en la remoción, por ejemplo, de metales y agentes microbiológicos.

Figura 1. Porcentaje de remoción de a) metales y b) agentes microbiológicos en función de la dosis de ozono empleada



a.



b.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unidad Producción Aguas - Empresas Públicas de Medellín y a la Universidad de Antioquia por su apoyo en la ejecución de la investigación y su divulgación.

Referencias

Osorio Robles, F., Torres Rojo, J. C. y Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes: Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Díaz de Santos.

Rodríguez Vidal, F. J. (2003). *Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización*. Díaz de Santos.

Rodríguez Vidal, F. J., Pérez Serrano, A., Orozco Barrenetxea, C., González Delgado, M. N. y Ibeas Reoyo, M. V. (2000). Biodegradabilidad de la materia orgánica natural del agua y efecto del ozono. *Ingeniería del Agua*, *7*(3), 271-278.

---

* e-mail: mike.vasquez@udea.edu.co

ODS 7. Energía asequible y no contaminante

Numerical simulation of air chamber of an oscillating water column

Juan David Parra Quintero[1*], Ainhoa Rubio-Clemente[1,2], Edwin Lenin Chica Arrieta[1]

[1] Grupo de Investigación Energía Alternativa (GEA), Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [2] Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

In Colombia, ocean wave energy is one of the least exploited energy sources. Oscillating water column (OWC) can be a sustainable technology for generating electricity utilizing this resource available in the Caribbean Sea and the Pacific Ocean. The OWC device is a combination of pneumatic system, mechanical system and electrical system (Abbasi & Ketabdari, 2022). The overall efficiency of OWC is depended on the three systems efficiencies (Abbasi & Ketabdari, 2022; Letzow et al., 2020). Therefore, it is important to maximize these efficiencies to achieve a better energy transformation process. The work, describe the method to determine the pneumatic system efficiency of air chamber of OWC based on numerical simulation using Reynolds Averaged Navier-Stoke (RANS) equations and the Volume of Fluid (VOF) approach for the simulation of free surface of water (Ning et al., 2020; Gurnari et al., 2022). The Ansys Fluent software has been used to perform the numerical simulations and the results regarding the resonant chamber are obtained in CFD-Post. Figure 1(a) show the geometric of air chamber studied and Figure 1(b)

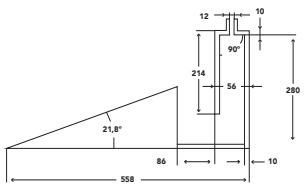
show the computational domain. For the simulation, fluid dynamic conditions of wave energy resource available in Colombia were used, as shown in the Figure 1(c). Figure 1(d), 1(e), show the hydrodynamic parameters calculated form the numerical simulation that were used to determine the hydrodynamic efficiency of the air chamber.

The maximum chamber efficiency and average free surface velocity inside the chamber were 66.8% and 0.17 m/s, respectively. Therefore, it is important to optimize the chamber shape parameter for the wave characteristics in order to enhance its operating efficiency. Currently, the country lacks the development of these devices, but there are promising hopes that wave energy could be one of the most favorable technologies to provide clean, renewable energy in the future of some non-interconnected areas.

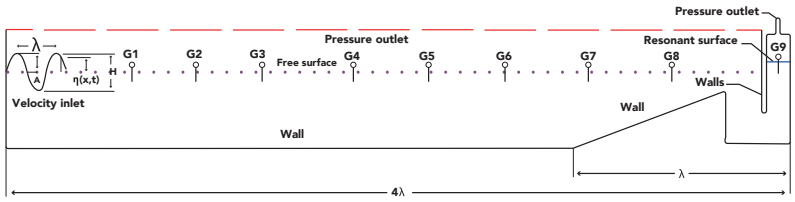
Keywords: Oscillating water column, wave energy converter, ocean energy.

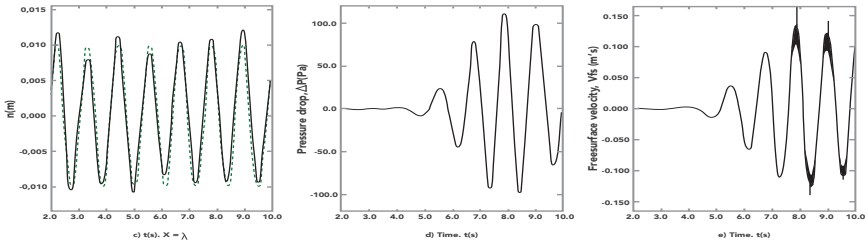
Figure 1. a) Geometry resonant chamber, b) Computational domain c) Pacific Ocean wave conditions (scale 1:50) d) Pressure drop inside the chamber e) Inside free surface velocity

a.



b.





a. **b.** **c.**

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support provided by the announcement No. 890 de 2020 "Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación Superior (IES) Públicas 2020 (Contract No. 2022-0452).

References

Abbasi, R., & Ketabdari, M. J. (2022). Enhancement of OWC Wells turbine efficiency and performance using riblets covered blades, a numerical study. *Energy Conversion and Management*, *254*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115212

Gurnari, L., G. F. Filianoti, P., & M. Camporeale, S. (2022). Fluid dynamics inside a U-shaped oscillating water column (OWC): 1D vs. 2D CFD model. *Renewable Energy*, *193*, 687-705. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.025

Letzow, M., Lorenzini, G., Barbosa, D. V. E., Hübner, R. G., Rocha, L. A. O., Gomes, M. D. N., Isoldi, L. A., & dos Santos, E. D. (2020). Numerical analysis of the influence of geometry on a large scale onshore oscillating water column device with associated seabed ramp. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, *15*(6), 873-884. https://doi.org/10.18280/ijdne.150613

Ning, D., Guo, B., Wang, R., Vyzikas, T., & Greaves, D. (2020). Geometrical investigation of a U-shaped oscillating water column wave energy device. *Applied Ocean Research*, *97*. https://doi.org/10.1016/j.apor.2020.102105

---

* e-mail: juan.parraq@udea.edu.co

Cogeneración de energía a partir de la biomasa residual producida en la nueva zona norte de Medellín

David Duque Uribe*, Néstor D. Montiel Bohórquez, Juan F. Pérez

Grupo de Manejo Eficiente de la Energía (GIMEL), Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

La tecnología de residuos a energía (WtoE, por sus siglas en inglés) contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ya que disminuye la huella de carbono y promueve la economía circular, al valorizar los residuos como materia prima para generación de energía. El objetivo de este trabajo es caracterizar una central térmica de cogeneración (25-50 kW_e) a partir de la gasificación de biomasa residual (hojarasca, borra de café y cartón) producida en la nueva zona norte de la ciudad de Medellín. El análisis se llevó a cabo mediante simulaciones de la planta de cogeneración usando el software Thermoflex™. La precisión de cálculo del modelo fue adecuada, ya que el contraste con datos de la literatura, considerando resultados experimentales de plantas de gasificación, arrojó un error relativo de entre 0.96% y 2.61%. Se evaluaron parámetros de proceso que afectan el desempeño de la planta de cogeneración (electricidad y calor), tales como contenido de humedad del combustible residual, relación equivalente (aire-residuo) y grado de carga de la planta. Se encontró que la humedad influye de manera negativa sobre el poder calorífico (PCI) del syngas y la eficiencia de gasificación (CGE). Por tanto, se concluye que

el contenido de humedad del combustible sólido debe ser el menor posible (< 25%). La relación equivalente (ER) permitió encontrar el mejor desempeño de la planta a valores bajos, es decir, para un ER de 0.2 el syngas alcanzó un PCI de 6 099 kJ/m^3, mientras que para una ER de 0.55 el PCI disminuyó a 1 196 kJ/m^3. Por otra parte, el desempeño de la planta operando a máxima carga (potencia de 24 kWe), alcanzó una eficiencia de generación de 19.33% y una eficiencia de cogeneración de 49.71%, con una ER de 0.358, un PCI del syngas de 3 142 kJ/m^3 y una CGE de 64.71%. Finalmente, mediante un análisis económico de las plantas (24 kWe y 48 kWe) operando 24 h/día, se encontró que el costo nivelado de energía es de 11.7 US/kWh y 8.4 US/kWh, respectivamente.

Figura 1. Modelo planta de cogeneración basada en gasificación (APL PP30)

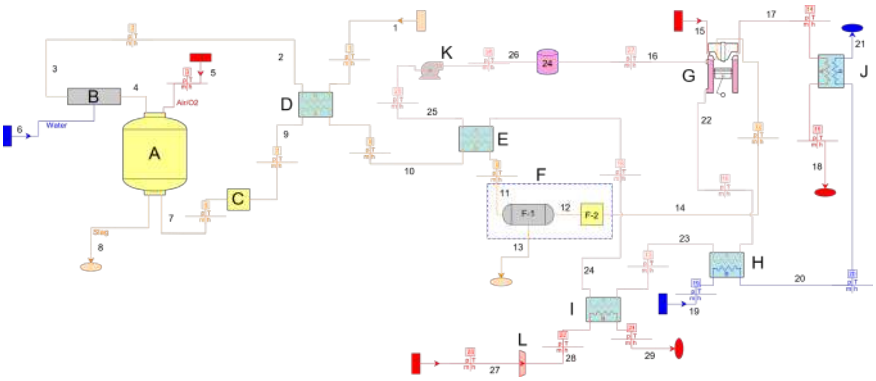


Tabla 1. Desempeño termodinámico de la planta APL PP30 operando con biomasa residual a plena carga (24 kWe)

Parameter	Value
Potencia eléctrica (kWe)	24
RE (-)	0.36
Composición del syngas (porcentaje de vol.)	
CO	17.11
CO_2	7.91
CH_4	0
H_2	12.21
H_2O	12.9
N_2	49.25
PCIsyngas (kJ/Nm^3)	3142
CGE (porcentaje)	64.71
Tgasificación (°C)	1144
$m_{biomasa}$ (kg/h)	28.44
m_{aire} (kg/h)	6.66
Eficiencia de generación (porcentaje)	19.33
Eficiencia de cogeneración (porcentaje)	49.71
Potencia térmica (kW)	36.5
Consumo específico de biomasa (kg/kWh)	1.19

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero a la Universidad de Antioquia a través del proyecto "Valorización energética de la hojarasca residual del campus central de la UDEA, PRG2019-31090 (ES25190102)", así como al fondo de apoyo de proyectos de grado con el proyecto PR21-2-01.

Bibliografía

Caputo, C., Cirillo, D., Costa, M., La Villetta, M., Tuccillo, R. y Villani, R. (2018). Numerical Analysis of a Combined Heat and Power Generation Technology from Residual Biomasses. *Journal of Energy and Power Engineering*, *12*, 300-321. https://doi.org/10.17265/1934-8975/2018.06.003

Littlejohns, J. V., Butler, J., Luque, L., Kannangara, M. y Totolo, S. (2020). Analysis of the performance of an integrated small-scale biomass gasification system in a Canadian context. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *10*, 311-323. https://doi.org/10.1007/s13399-019-00442-0

Maneerung, T., Li, X., Li, C., Dai, Y. y Wang, C.-H. (2018). Integrated downdraft gasification with power generation system and gasification bottom ash reutilization for clean waste-to-energy and resource recovery system. *Journal of Cleaner Production*, *188*, 69-79. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.287

Montiel-Bohórquez, N. D., Saldarriaga-Loaiza, J. D. y Pérez, J. F. (2022). Effect of the Colombian Renewable Energy Law on the Levelized Cost of a Substitute Gaseous Fuel Produced from MSW Gasification. *Ingeniería e Investigación*, *42*(2). https://doi.org/10.15446/ing.investig.v42n2.92410

Tauqir, W., Zubair, M. y Nazir, H. (2019). Parametric analysis of a steady state equilibrium-based biomass gasification model for syngas and biochar production and heat generation. *Energy Conversion and Management*, *199*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111954

---

* e-mail: david.duque@udea.edu.co

Evaluación experimental de una turbina hidráulica de vórtice de gravitacional con cámara de circulación cónica y canal de entrada envolvente

Laura Velásquez[1*], Edwin Lenin Chica Arrieta[1], José Alejandro Posada[2]

[1] Grupo de Energía Alternativa, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [2] Grupo de Investigación e Innovación Ambiental, Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia

En 2021, la energía hidroeléctrica contribuyó en un 16.2% a la generación total mundial de electricidad. Su contribución aún es pequeña en comparación con el uso de combustibles fósiles, que contribuyeron con un 32.9% (BP p.l.c., 2019). La generación hidroeléctrica a gran escala requiere de un importante desarrollo de infraestructura que puede generar efectos negativos en los ecosistemas acuáticos y terrestres de los territorios (Wang *et al.*, 2018). Una alternativa para producir energía a partir del agua es el uso de pequeñas centrales hidroeléctricas a filo de agua que pueden producir electricidad a partir de pequeñas fuentes, como ríos o arroyos, sin el uso de embalses (Comino *et al.*, 2020). Para este tipo de centrales hay que seleccionar o desarrollar turbinas que transforman eficientemente el recurso hidráulico disponible.

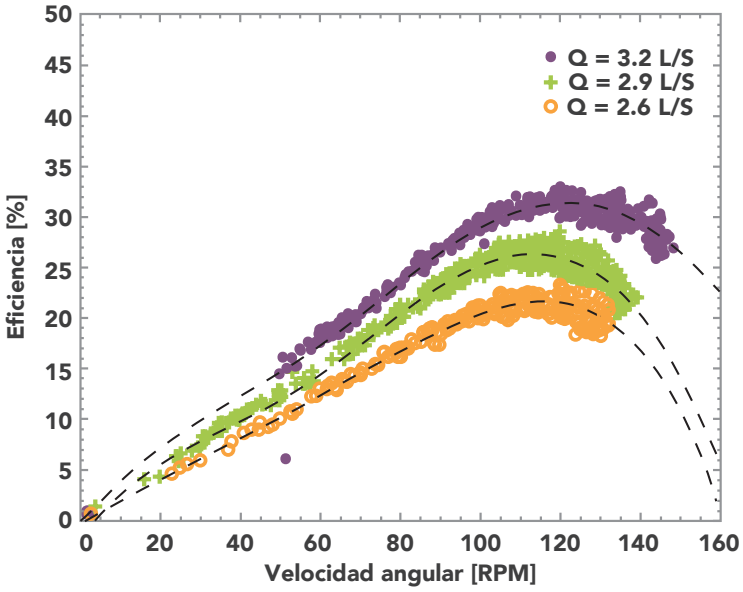
Las turbinas de vórtice gravitacional son una tecnología en etapa de desarrollo que puede utilizarse en las pequeñas centrales hidroeléctricas, ya que trabajan con un rango de cabeza hidráulica muy bajo, entre 0.7 m y 2.0 m. En esta turbina, el agua pasa tangencialmente a través de un canal de entrada hacia un recipiente cónico, en el que se forma un vórtice de agua de superficie libre. Un rodete de eje vertical se coloca en el centro del vórtice. El rodete gira con el vórtice, generando así energía mecánica que se puede convertir en energía eléctrica usando un generador (Dhakal *et al.*, 2018). Uno de los inconvenientes de las turbinas de vórtice es su baja eficiencia, por lo que se requiere el esfuerzo de la comunidad académica para optimizar sus componentes (Timilsina *et al.*, 2018). En consonancia con los anteriores, en este trabajo se presenta un estudio experimental de una turbina de vórtice gravitacional con cámara de circulación cónica y entrada envolvente. El objetivo de las pruebas experimentales fue obtener la curva de eficiencia () versus velocidad angular () para una turbina de vórtice gravitacional seleccionada de la literatura. El experimento se realizó para tres valores de caudal (2.6 L/s, 2.9 L/s y 3.2 L/s).

Para las mediciones de la potencia mecánica desarrollada por la turbina, se empleó un sensor de torque con encoder, un sistema de control de carga y un sistema de adquisición de datos. En la Figura 1 se muestra la eficiencia medida para un rango de velocidad angular de entre 0 y 160 RPM. Los resultados indican que la eficiencia máxima alcanzada es del 31.38% para el caudal de 3.2 L/s. Aunque esta eficiencia es aún baja, más estudios numéricos y experimentales pueden llevarse a cabo para mejorar el diseño de estas turbinas.

Es bien conocido que el calor y la electricidad son las dos formas de uso final de la energía indispensables para garantizar la calidad de vida y el progreso material de las comunidades.

El estudio sobre turbinas de vórtice gravitacional permitiría mejorar el acceso y la disponibilidad de tales formas de energía en condiciones de eficiencia y costos razonables. Estas actividades están relacionadas con uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el 7: "garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos".

Figura 1. Curva de eficiencia (η) versus velocidad angular (ω)



Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la convocatoria No. 890 de 2020 "Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación Superior (IES) Públicas 2020" (Contrato No. 2022-0453).

Referencias

BP p.l.c. (2019). *BP Statistical Review of World Energy 2019*. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf

Comino, E., Dominici, L., Ambrogio, F. y Rosso, M. (2020). Mini-hydro power plant for the improvement of urban water-energy nexus toward sustainability - A case study. *Journal of Cleaner Production*, *249*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119416

Dhakal, R., Bajracharya, T. R., Shakya, S. R., Kumal, B., Williamson, S., Khanal, K., Gautam, S. y Ghale, D. P. (2018). Computational and experimental investigation of runner for gravitational water vortex power plant. En Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2017): Proceedings of a meeting held 5-8 November 2017, San Diego, California, USA* (pp. 365-373). https://doi.org/10.1109/ICRERA.2017.8191087

Timilsina, A. B., Mulligan, S. y Bajracharya, T. R. (2018). Water vortex hydropower technology: a state-of-the-art review of developmental trends. *Clean Techn Environ Policy*, *20*, 1737-1760. https://doi.org/10.1007/s10098-018-1589-0

Wang, F., Maberly, S. C., Wang, B. y Liang, X. (2018). Effects of dams on riverine biogeochemical cycling and ecology. *Inland Waters*, *8*(2), 130-140. https://doi.org/10.1080/20442041.2018.1469335

* e-mail: lisabel.velasquez@udea.edu.co

Análisis técnico-económico del proceso tradicional de secado de cacao

Juan Sebastián Vásquez Alzate[1,2*], Juan Felipe Vásquez Uribe[1], José Alejandro Urrego Pabón[2], Juan Fernando Pérez Bayer[1], Edwin Lenin Chica Arrieta[2]

[1] Grupo de Manejo Eficiente de la Energía (GIMEL), Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [2] Grupo de Investigación Energía Alternativa (GEA), Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

En Colombia se emplean dos formas en el secado tradicional de cacao. La primera usa una superficie con techo corredizo, conocida como casa elba, y la segunda alternativa se compone de una superficie de madera con techo de plástico llamada marquesina. La Federación Nacional de Cacaoteros recomienda realizar el secado en esta última porque permite un mejor control de la contaminación y evita elementos extraños o insectos que puedan caer sobre el grano. El objetivo de este estudio es realizar un diagnóstico de parámetros técnico económicos del proceso tradicional de secado de cacao. La caracterización del proceso se llevó a cabo en una finca pequeña dedicada al cultivo de cacao y producción de chocolate artesanal. Se encuentra localizada en el municipio de Amalfi (Antioquia), vereda La Guayana, a 956 m s.n.m., con una temperatura media de 21 °C. El secado

se llevó a cabo en una marquesina ubicada a 1 m de altura del suelo, con una capacidad de 200 kg de cacao fermentado (Puello-Mendez *et al.*, 2017). En el experimento se midieron la radiación solar recibida por la marquesina, la masa del grano en función del tiempo de secado, la temperatura de los granos y la temperatura y humedad relativas tanto al interior como al exterior de la marquesina, usando sensores de radiación, temperatura y humedad, respectivamente.

El grano de cacao procesado alcanzó la humedad objetivo (~6-7%) luego de 77 horas continuas, de las que 32 fueron de exposición solar. La tasa de secado del grano de cacao es mayor en el primer día (37.1 g/h) y se hace más lenta en los días siguientes (14.3-12.1 g/h). Este resultado se atribuye a la mayor humedad del grano inicial, lo que favorece la extracción de agua en la superficie (Herman *et al.*, 2018). La eficiencia térmica del proceso de secado en la marquesina fue del 11%. Los tiempos prolongados de secado y el bajo rendimiento térmico se deben a la condensación en la marquesina durante las noches y a la humedad evaporada durante el día. Este fenómeno causa retrasos en el proceso de secado (López y Chávez, 2018). Aunque puede considerarse un proceso ineficiente térmicamente, el secado en marquesina es una alternativa factible técnica y económicamente, porque cumple el objetivo de reducir la humedad del grano hasta el valor deseado con costos de operación e inversión bajos, ya que, al ser su fuente de energía la radiación solar, no hay costo relacionado de combustible para el secado. Con respecto a los costos asociados al proceso de secado en marquesina, se componen de precio por kilogramo de grano fermentado, mano de obra empleada e inversión de la marquesina, distribuida en 4 años de vida útil esperada, según fabricante. La suma de los tres costos deriva en el costo específico de secado, de que, para este caso particular, es un valor superior al de

comercialización local (cerca de los 9000 COP/), pues debería considerarse hacer más procesos de secado y generar más capacidad de producción mensual para que este costo esté cerca del valor comercial de venta.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los principales parámetros que caracterizan el secado tradicional.

Tabla 1. Resumen de resultados

Parámetro	Unidad	Valor
Energía solar recibida	MJ	1 019.22
Energía para el secado	MJ	112.12
Consumo específico de energía	MJ/kg	32.7
Tiempo de secado	hora	77
Tasa promedio de secado	g/h	16
Eficiencia térmica	%	11
Costo de secado	COP/kg	10 209

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por el Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia para el desarrollo del proyecto de investigación "Desarrollo de un secador de granos de cacao aprovechando la cáscara de mazorca de cacao (CMC) como fuente energética: Aplicación tecnológica para el sector

cacaotero de Colombia". Código: PRG2020-33302. De igual modo, agradecen a la empresa Chocochucho por permitir el uso de sus instalaciones.

Referencias

Herman, C., Spreutels, L., Turomzsa, N., Konagano, E. M. y Haut, B. (2018). Convective drying of fermented Amazonian cocoa beans (*Theobroma cacao* var. Forasteiro). Experiments and mathematical modeling. *Food and Bioproducts Processing*, *108*, 81-94. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.01.002

López Cerino, I. y Chávez García, E. (2018). Eficacia de secador solar tipo túnel con cacao (Theobroma Cacao L.) en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (21), 4395-4405. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1528

Puello-Mendez, J., Meza-Castellar, P., Cortés, L., Bossa, L., Sanjuan, E., Lambis-Miranda, H. y Villamizar, L. (2017). Comparative Study of Solar Drying of Cocoa Beans: Two Methods Used in Colombian Rural Areas. *Chemical Engineering Transactions*, *57*, 1711-1716. https://doi.org/10.3303/CET1757286

---

* e-mail: juans.vasquez1@udea.edu.co

Análisis numérico de una turbina tipo sifón

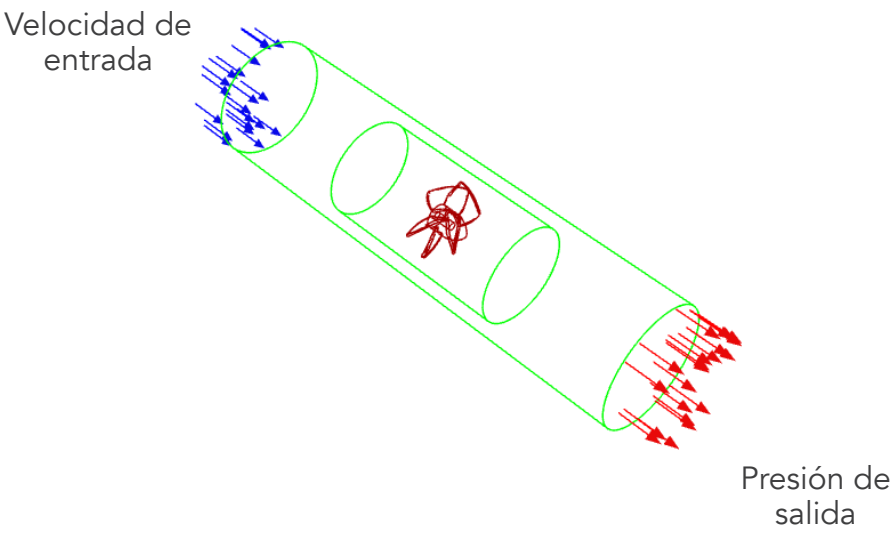
Juliana Carvajal[1*], Leyla Yamile Jaramillo Zapata[2], Laura Velásquez[1], Ainhoa Rubio-Clemente[1,3]

[1] Grupo de Energía Alternativa, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [2] Facultad de Ingenierías, Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria, Medellín, Colombia, [3] Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Actualmente, la energía hidroeléctrica es considerada una de las principales fuentes de energía renovable del planeta. Sin embargo, la construcción de grandes y medianos embalses está decreciendo en el mundo como resultado de la protección del medio ambiente, los grandes periodos de tiempo para el retorno de la inversión asociados a los altos costos de la infraestructura civil requerida, la preocupación por el desplazamiento y seguridad de poblaciones y la disminución de la disponibilidad de nuevas ubicaciones adecuadas, entre otros aspectos (Zhou *et al.*, 2019). En contraste con esta situación, aún hay una gran cantidad de sitios potenciales para la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas a filo de agua a nivel mundial. Las centrales de baja altura (< 3 m) son atractivas debido a su amplia distribución e impactos ambientales reducidos. Para utilizar de manera eficiente estos lugares, los desarrollos tecnológicos deben enfocarse en la generación de nuevos diseños de turbinas, el mejoramiento del rendimiento hidráulico y la reducción del diseño estructural y civil de las centrales hidráulicas (Zhou *et al.*, 2019; Stark *et al.*, 2011).

En este estudio, se simuló y caracterizó una turbina hidráulica tipo sifón, utilizando la dinámica de fluido computacional (CFD) para predecir su rendimiento hidráulico. Para este propósito, se utilizó un modelo numérico tridimensional en el software Ansys Fluent. El dominio computacional estaba compuesto por el canal de presión y el rodete de la turbina, el cual se caracteriza por tener un diámetro exterior de 79 mm y un diámetro del cubo de 25 mm, así como cinco álabes. El modelo de turbulencia empleado fue el K-ω SST y para realizar la simulación de la turbina se usó el método de malla deslizante (sliding mesh method). La velocidad del fluido al ingreso del canal de presión fue de 1 m/s. En la Figura 1 se puede observar el domino computacional empleado, junto con las condiciones de frontera. Los resultados numéricos muestran una eficiencia hidráulica del 6.41%.

Figura 1. Dominio computacional de la simulación numérica



Cabe destacar que la turbina tipo sifón es una buena opción para la conversión de la energía hidráulica de baja cabeza en energía eléctrica de forma segura, confiable y económica. Si bien son necesarios más estudios numéricos y experimentales para incrementar su eficiencia, esta turbina puede facilitar el acceso a la energía eléctrica a comunidades de bajo desarrollo social y económico aisladas del sistema interconectado de electricidad, al tiempo que permite diversificar la matriz energética, contribuyendo así al Objetivo de Desarrollo Sostenible número 7, que busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido por parte del Tecnológico de Antioquia I.U. para el desarrollo del proyecto titulado "Generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía renovable: Dimensionamiento y caracterización de una turbina tipo sifón".

Referencias

Stark, B. H., Andò, E. y Hartley, G. (2011). Modelling and performance of a small siphonic hydropower system. *Renewable Energy*, *36*(9), 2451-2464. https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.02.012

Zhou, D., Gui, J., Deng, Z. D., Chen, H., Yu, Y., Yu, A. y Yang, C. (2019). Development of an ultra-low head siphon hydro turbine using computational fluid dynamics. *Energy*, *181*, 43-50. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.060

---

* e-mail: juliana.carvajalg@udea.edu.co

Caracterización de un modelo a escala de turbina hidrocinética de eje vertical tipo Gorlov mediante simulaciones CFD – 6-DOF

Andrés Chalaca Salas*, Laura Velásquez García, Edwin Chica Arrieta

Grupo de Investigación Energía Alternativa (GEA), Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

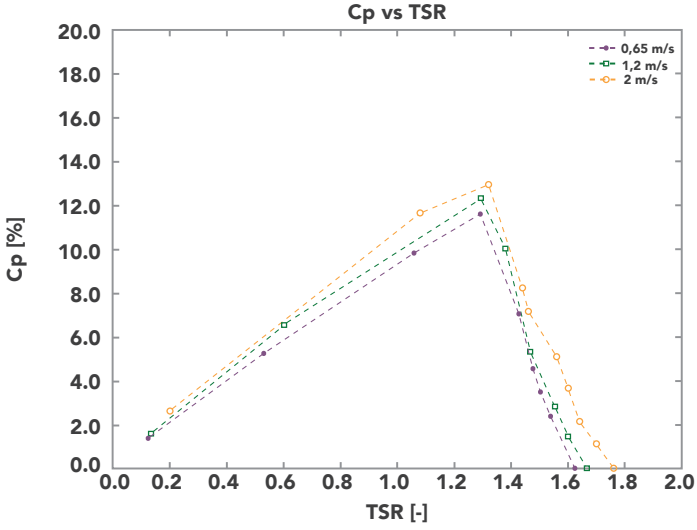
Uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) con miras a 2030 es el ODS7, el cual propone garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, involucrando la generación de energía eléctrica a partir de fuentes limpias, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la integración de aquellas localidades que hoy no tienen acceso a este servicio (Naciones Unidas, s.f.). Una opción para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes limpias y no convencionales son los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos mediante sistemas hidrocinéticos equipados con turbinas hidrocinéticas de eje vertical u horizontal (Patel *et al.*, 2017). Estos son una gran promesa para aliviar la crisis mundial en el uso de energía, pues permiten generar energía eléctrica a partir de la velocidad del río, sin necesidad de construcción de represas o de conductos forzados, y tienen un bajo costo de fabricación (Khan *et al.*, 2009), contando así con una gran ventaja respecto a la implementación de

centrales hidroeléctricas convencionales. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el comportamiento de un modelo a escala de turbina hidrocinética de eje vertical tipo Gorlov, mediante la dinámica de fluidos computacional (CFD) y su herramienta 6-DOF usando el software ANSYS®. La curva característica de la turbina se trazó calculando el coeficiente de potencia (Cp) como medida de la eficiencia de la turbina y el TSR, que relaciona la velocidad tangencial de la turbina con la velocidad de la corriente de fluido. Para obtener los distintos valores del TSR fue necesario determinar la velocidad de rotación de la turbina cuando esta gira libremente, pues en este punto se obtiene el menor momento angular; a continuación se simularon diferentes momentos de frenado en el eje de rotación de la turbina. A medida que aumenta la carga de frenado en el eje, se espera que la velocidad de rotación de la turbina disminuya gradualmente hasta llegar a un punto mínimo (Keough *et al.*, 2014; White, 2008). Los parámetros de diseño del modelo a escala se resumen en la Tabla 1. Se obtuvieron tres curvas características a tres velocidades de corriente de fluido: 0.65 m/s, 1.2 m/s y 2 m/s, como se muestra en la Figura 1, con el fin de determinar el comportamiento de la turbina cuando la velocidad de la corriente aumenta. La eficiencia máxima de este modelo a escala, a una velocidad de corriente de 0.65 m/s, es del 8% a un TSR de 1, lo que equivale a una velocidad de rotación de 76 RPM. Para la velocidad de 1.2 m/s, la eficiencia máxima del modelo es de 9% a un TSR de 1.1, correspondiente a 157 RPM. Para la velocidad de 2 m/s, la eficiencia máxima del modelo es de 9.2% a un TSR de 1.12 y 265 RPM. Se pudo observar en las curvas características la tendencia general que siguen las turbomáquinas respecto a la potencia y las RPM (White, 2008). La curva también confirma que, en general, cuando la velocidad tangencial de los álabes es igual a la velocidad del flujo, la potencia se maximiza.

Tabla 1. Parámetros de diseño del modelo a escala de la turbina hidrocinética de eje vertical tipo Gorlov

Parámetro	Valor
Diámetro (D)	160 mm
Altura (H)	120 mm
Relación de aspecto (H/D)	0.75
Ángulo de hélice	65°
Número de álabes	3
Tipo de perfil	NACA 0015
Longitud de cuerda (C)	45 mm
Ángulo de ataque	9°

Figura 1. Curvas características para el modelo a escala de la turbina hidrocinética de eje vertical tipo Gorlov



Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por la segunda convocatoria de proyectos de I+D+i en el marco de la agenda regional de I+D+i para el desarrollo del proyecto "Desarrollo de una turbina hidrocinética tipo propela para la generación de energía eléctrica". Los autores también agradecen el apoyo financiero de la Universidad de Antioquia (Estrategia de Sostenibilidad 2020-2021. ES84190067).

Referencias

Keough, R., Mullaley, V., Sinclair, H. y Walsh, G. (2014). *Design, Fabrication and Testing of a Water Current Energy Device*. Memorial University of Newfoundland. Faculty of Engineering and Applied Science. https://www.researchgate.net/profile/Prem-Baboo/post/What_should_i_consider_during_the_design_and_fabrication_of_water_turbine_system/attachment/59d6289879197b8077986f7f/AS%3A331152654127104%401455964353335/download/Design-Fabrication-and-Testing-of-a-Water-Current-Energy-Device.pdf

Khan, M. J., Bhuyan, G., Iqbal, M. T. y Quaicoe J. E. (2009). Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. *Applied Energy*, *86*(10), 1823-1835. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.02.017

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Patel, V., Eldho, T. I. y Prabhu, S. V. (2017). Experimental investigations on Darrieus straight blade turbine for tidal current application and parametric optimization for hydro farm arrangement. *International Journal of Marine Energy*, *17*, 110-135. https://doi.org/10.1016/j.ijome.2017.01.007

White, F. M. (2008). *Mecánica de fluidos* (6ª ed.). McGraw-Hill.

---

* e-mail: andres.chalaca@udea.edu.co

Desarrollo sostenible inclusivo mediante la eficiencia energética

Hanna Marietta Orjuela Artunduaga[1*], Duván Emilio Ramírez Ospina[2]

[1] Universidad del Tolima, [2] Universidad de Manizales

El propósito central del presente trabajo consiste en proporcionar evidencias respecto a la contribución de la eficiencia energética para propiciar un desarrollo sostenible inclusivo, realizando un estudio documental y descriptivo en el contexto de un país catalogado como "pobre" desde la perspectiva monetaria, como es el caso de Colombia. Bajo un enfoque metodológico de tipo exploratorio, a partir de una revisión bibliográfica de los aportes de la comunidad científica a nivel nacional e internacional en torno a la eficiencia energética, se presentan lo que pueden concebirse como pruebas o evidencias empíricas de las contribuciones de la eficiencia energética para mitigar los efectos del cambio climático y reducir la pobreza en diferentes contextos públicos y privados en países emergentes, además de los beneficios ampliamente conocidos relacionados con el ahorro en el consumo de energía.

Los resultados del análisis para Colombia, revisando casos exitosos de eficiencia energética en los sectores industrial, comercial y residencial (Colombia Productiva, 2021) e información cuantitativa con respecto a las fuentes y usos de energía (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2019), proporcionan evidencias, por un lado, sobre la

necesidad que se tiene como sociedad de mejorar el consumo energético en todos los sectores de la economía para alcanzar niveles de productividad y competitividad que favorezcan el desarrollo sostenible (UPME, 2016; United Nations Environment Programme, 2016) y, por otro, de la potencialidad que tiene la eficiencia energética como mecanismo para optimizar los recursos escasos de los sistemas económicos, en favor de la inclusión social en las dinámicas del desarrollo (Magrin, 2015; Gil, 2014). En concreto, las respuestas que brinda este trabajo proporcionan elementos que visibilizan el potencial de la eficiencia energética para generar ahorros en consumo de energía y en dinero, a partir de inversiones en la implementación de fuentes de energía limpias con retornos en el mediano plazo (5 a 7 años), lo que la convierte en una estrategia local y nacional que contribuye con el desarrollo económico de los territorios y genera ahorro de recursos que pueden ser destinados a inversiones sociales para impactar la calidad de vida de los habitantes y del entorno natural. La eficiencia energética se constituye, entonces, en una salida viable a la crisis ambiental, social y económica que se vive a nivel global y, al mismo tiempo, representa una apuesta que pueden asumir los sectores público, privado y social en favor del desarrollo sostenible inclusivo de las comunidades y sus territorios alrededor del mundo.

Referencias

Colombia Productiva. (4 de marzo de 2021). *Empresas han ahorrado más de $1.300 millones gracias a proyecto de Eficiencia Energética*. https://www.colombiaproductiva.com/ptp-comunica/noticias/empresas-han-ahorrado-mas-de-1-300-millones-gracia

Gil, S. (10 de marzo de 2014). *La energía más barata y limpia es la que no se usa*. Universidad de San Martín. http://www.unsam.edu.ar/tss/la-energia-mas-barata-y-limpia-es-la-que-no-se-usa/

Magrin, G. (2015). *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://hdl.handle.net/11362/39842

Unidad de Planeación Minero Energética. (2016). *Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022: Una realidad y oportunidad para Colombia*. Ministerio de Minas y Energía. https://www1.upme.gov.co/Documents/PAI_PROURE_2017_2022.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética. (2019). *Plan Energético Nacional 2020-2050 -Documento de consulta-*. Ministerio de Minas y Energía. https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf

United Nations Environment Programme. (2016). *Carbono cero América Latina: Una Vía para la Descarbonización Neta de la Economía Regional Para Mediados de Este Siglo - Documento de Visión*. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/26305

---

* e-mail: hmorjuelaa@ut.edu.co ; hannaorjuela@gmail.com

Análisis de los impactos ambientales asociados a la generación de electricidad mediante turbinas tipo sifón en sistemas lóticos colombianos

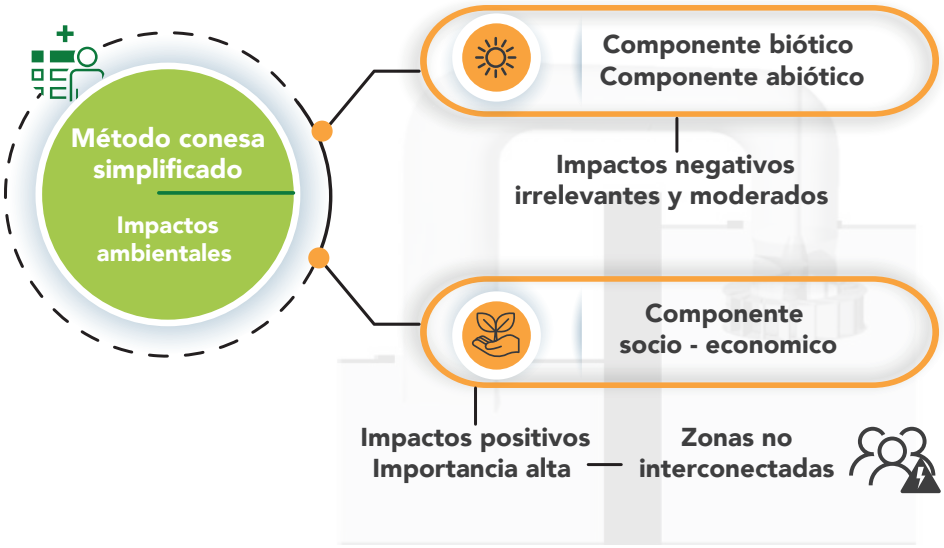
Ana María Meneses-Acosta[1*], Leyla Y. Jaramillo-Zapata[1], Santiago A. Mejía-Madrigal[1], Laura Velásquez[2], Ainhoa Rubio-Clemente[2,3]

[1] Grupo de Investigación Tecnologías de Información y Medio Ambiente (GITIMA), Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria, Medellín, Colombia, [2] Grupo de Investigación Energía Alternativa (GEA), Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, [3] Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

El rápido agotamiento de los combustibles fósiles, junto con el calentamiento global que su uso produce, está afectando significativamente el ambiente. La demanda mundial de energía, en la actualidad, se satisface en un 70% con fuentes no renovables, mientras que el 30% restante proviene de fuentes renovables (BP p.l.c., 2018). Dentro de estas últimas, se destacan las centrales hidroeléctricas, a pesar del alto impacto ambiental asociado a su construcción e instalación. Con el fin de reducir estos impactos, se emplean pequeñas centrales hidroeléctricas a filo de agua que requieren turbinas eficientes para la conversión de energía, tales como las turbinas tipo sifón. Estas turbinas permiten aprovechar emplazamientos que hasta ahora, con las turbinas

hidráulicas convencionales, no era posible (Zhou y Deng, 2017). Aunque este tipo de tecnología es considerado de bajo impacto ambiental, es importante contar con análisis que lo evidencien. Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo analizar los impactos ambientales asociados al uso de turbinas tipo sifón en sistemas lóticos colombianos para la generación de electricidad. Para ello, se realizó una identificación de los impactos asociados al funcionamiento de esta tecnología mediante la elaboración de redes causa-efecto-impacto, teniendo en cuenta las investigaciones más recientes sobre el uso de turbinas hidráulicas a pequeña escala. Para la evaluación de dichos impactos, se usó la metodología de Conesa simplificada, que considera 11 atributos de calificación que se valoran mediante rangos diferenciados, para así, posteriormente, obtener la significancia de cada impacto ambiental en las categorías de "irrelevante", "moderado", "severo" o "crítico" (Caro-Gonzalez *et al.*, 2021). Los resultados obtenidos mostraron que los impactos ambientales generados por el uso de la turbina tipo sifón afectan todos los componentes ambientales biótico, abiótico y socioeconómico, resaltando un mayor número de impactos asociados con la afectación de la biota acuática y cambios en el medio físico y los patrones de sedimentación. Sin embargo, al evaluar los impactos identificados, se determinó que los impactos ambientales categorizados como severos son de tipo positivo y están asociados al componente socioeconómico. Dentro de estos impactos, se resaltan el aumento de las condiciones económicas y la calidad de vida en la zona de uso de la tecnología, el aumento en la cobertura del servicio de energía y el mejoramiento en las relaciones sociales. Los impactos ambientales de importancia moderada e irrelevante resultaron estar relacionados con el componente abiótico y biótico, respectivamente (Figura 1).

Figura 1. Resumen gráfico de la investigación



Referencias

BP p.l.c. (2018). *BP Statistical Review of World Energy* (67th ed.). https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf

Caro-Gonzalez, A. L., Toro, J. y Zamorano, M. (2021). Effectiveness of environmental impact statement methods: A Colombian case study. *Journal of Environmental Management, 300*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113659

Zhou, D. y Deng, Z. D. (2017). Ultra-low-head hydroelectric technology: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *78*, 23-30. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.086

---

* e-mail: ana.meneses@correo.tdea.edu.co

Producción de conidias de aspergillus niger para la obtención de lipasa extracelular y extracción de aceites microbianos potenciales para la obtención de biodiesel

Lina M. Puerta Guiral[1*], Daniel A. González Restrepo[1], Leidy A. Hoyos Giraldo1, Mary Luz Vélez Restrepo[2]

[1] Grupo de investigación Ciencias Básicas Aplicadas del Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria, [2] Grupo de investigación Biociencias, Colegio Mayor, Medellín, Colombia

El agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, los efectos del cambio climático y el aumento de los contaminantes atmosféricos han llevado a la búsqueda de energías alternativas. El biodiesel es un biocombustible que puede ser producido a partir de aceites vegetales, grasas animales o microorganismos oleaginosos como hongos, levaduras, microalgas y bacterias, las cuales se encuentran en capacidad de producir lípidos o biocatalizadores que puedan ser empleados en las reacciones de transesterificación para la obtención de este tipo de combustible (Goh *et al.*, 2020). El hongo *Aspergillus niger* resulta llamativo para la producción de lipasas o aceites, siendo los primeros biocatalizadores capaces de favorecer la conversión de aceites residuales a biodiesel, mientras que los aceites microbianos pueden ser empleados como materia prima para la producción de energía

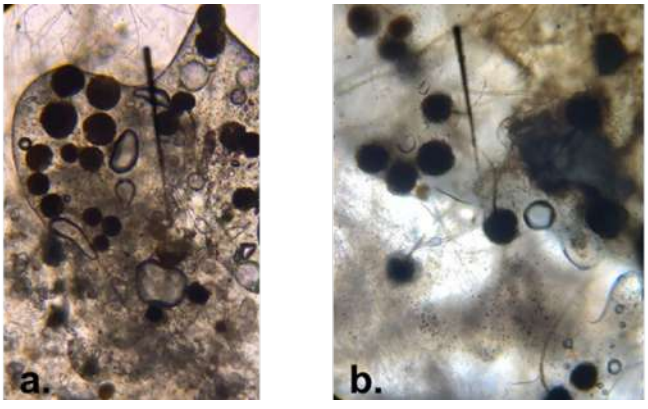
(Salazar y Rua, 2012). El objetivo de este trabajo fue evaluar parámetros como pH, temperatura y fuente de nitrógeno sobre el rendimiento de crecimiento de conidias del hongo *Aspergillus niger* en un medio líquido, para la extracción de aceite y obtención de lipasa extracelular con aplicaciones potenciales para la producción de biodiesel, apuntando al ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) (Tereshina *et al.*, 2013). Observaciones microscópicas permitieron revelar aspectos morfológicos típicos del *Aspergillus niger*, como hifas hialinas, septadas, conidióforos largos, vesícula globosa, conidias abundantes, de color marrón a negro (Figura 1) (Palomino *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos muestran un alto crecimiento de conidias de *Aspergillus niger* en el medio de nutrientes a 30°C, con pH 4.0, sin fuente de nitrógeno (21 050 células/ml); mientras que el uso de peptona como fuente de nitrógeno condujo a un menor crecimiento de conidias (1 800 células/ml), lo cual puede ser explicado por una pobre asimilación del nitrógeno orgánico por las células fúngicas, reduciendo así la síntesis de aminoácidos y, por ende, la colonización del hongo en el medio. Así mismo, se evidencia que temperaturas superiores a los 30 °C inhiben el crecimiento del hongo, debido que las esporas deben contar con la humedad suficiente para germinar, causando una inactivación en ellas (Mert y Dizbay, 1977). Una vez optimizadas las condiciones de crecimiento del hongo, se extrajeron aceites, alcanzando un rendimiento del 40%, los cuales fueron puestos en contacto con la enzima extracelular (lipasa) para la obtención de biodiesel. Los resultados de densidad y viscosidad para el biodiesel son mostrados en la Tabla 1, los cuales indican que es factible la adaptación del hongo *Aspergillus niger* en un medio líquido para su aprovechamiento en producción de energía.

Tabla 1. Parámetros de crecimiento del hongo Aspergillus niger y biodiesel obtenido con lipasa extracelular

Características fisicoquímicas de biodiesel con lipasa extracelular					
Medio de incubación	**Fuente de peptona (porcentaje)**	**pH**	**Crecimiento esporas Aspergillus niger (células/ml)**	**Viscosidad (mm2/s)**	**Densidad (g/mL)**
A. niger sin nitrógeno	0	4.05	21 050	41.00	0.92
A. niger 1% pep.	1	6.0	4 550	40.80	0.93
A. niger sin nitrógeno	0	6.0	2 550	--	0.91
A. niger 1% pep.	1	4.06	1 800	46.80	0.93

Figura 1. Características morfológicas del Aspergillus niger

a. crecimiento sin fuente de nitrógeno
b. Crecimiento con fuente de nitrógeno



Agradecimientos

Los autores agradecen al CODEI del Tecnológico de Antioquia por la financiación para la realización del proyecto "Obtención de biodiesel a partir del tratamiento de aceite residual" (centro de costo 206001200). Así mismo, agradecen a MinCiencias por la financiación de los Jóvenes Investigadores, Convocatoria 891, VINCULACIÓN DE JÓVENES INVESTIGADORES E INNOVADORES DE PREGRADO Y PROFESIONALES EN PROYECTOS DE I+D+i del 2020.

Referencias

Goh, B. H. H., Chong, C. T., Ge, Y., Ong, H. C., Ng, J.-H., Tian, B., Ashokkumar, V., Lim, S., Seljak, T. y Józsa, V. (2020). Progress in utilisation of waste cooking oil for sustainable biodiesel and biojet fuel production. Energy Conversion and Management, 223. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113296

Mert, H. H. y Dizbay, M. (1977). The effect of osmotic pressure and salinity of the medium on the growth and sporulation of Aspergillus niger and Paecilomyces lilacinum species. *Mycopathologia*, *61*, 125-127. https://doi.org/10.1007/BF00443842

Palomino, A., Bocanegra, C. C., López, J. E. y Flórez, L. M. (2010). Biodiesel a partir de aceite de higuerilla utilizando lipasa inmovilizada. *Ingeniería y Competitividad*, *12*(1), 9-18. https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2698

Salazar, C. L. y Rua, A. L. (2012). Características morfológicas microscópicas de especies de *Aspergillus* asociadas a infecciones en humanos. *Hechos Microbiológicos*, *3*(2), 93-96. https://doi.org/10.17533/udea.hm.18741

Tereshina, V. M., Memorskaya, A. S. y Kotlova, E. R. (2013). Lipid metabolism in Aspergillus niger under conditions of heat shock. *Microbiology*, *82*, 542-546. https://doi.org/10.1134/S0026261713050147

---

* e-mail: linapuerta05@gmail.com

Influencia de la radiación microondas sobre el índice de trabajo de bond para la molienda del coque metalúrgico

Laura Colorado Arango*, Adriana Marcela Osorio Correa

Universidad de Antioquia

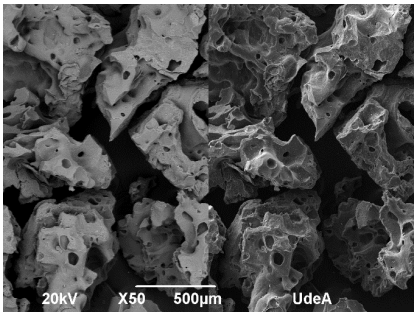
El coque metalúrgico es el material más usado en la ruta de elaboración del hierro y del acero (Babich *et al.*, 2008). Dependiendo de las características del coque, es posible incrementar la eficiencia y el desempeño en los altos hornos y en los procesos de sinterización. Dentro de los parámetros más relevantes de coque se encuentra el tamaño de partícula, el cual incide directamente en los mecanismos de transferencia de masa y energía y en las velocidades de reacción química de las operaciones siderúrgicas (Ma *et al.*, 2019). No obstante, la molienda del material ha resultado ser fundamental en la obtención de diferentes tamaños de partículas que alimentan los procesos (Ruisánchez *et al.*, 2012; 2014). Dicha operación es considerada bastante intensa en términos energéticos, consumiendo entre el 30 y el 70% del total de la energía de las plantas de procesamiento de materias primas para el acero (Marland *et al.*, 2000). Con el objetivo de abordar la problemática ambiental y energética que la producción del coque metalúrgico conlleva, se propone evaluar el consumo específico de molienda del material, mediante el uso de radiación microondas, como alternativa para minimizar los requerimientos energéticos, generando microfallas en la estructura del coque, con la intención de acelerar los procesos

de reducción de tamaño. En este trabajo se determinó la incidencia de la radiación microondas, sobre el índice de trabajo de Bond, para un coque metalúrgico de la región de Boyacá (Colombia), encontrando que es posible disminuir el gasto energético de la conminución hasta en un 23%, para un tiempo de exposición a la radiación microondas de 20 s, tal y como se muestra en la Tabla 1. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (scanning electron microscope), que se ven en la Figura 1, y el ensayo de área superficial muestran, efectivamente, cambios en la microestructura y en la superficie del material. Esto se constituye como una herramienta para incrementar la eficiencia energética y reducir los costos de este tipo de operación, así como mitigar el impacto ambiental que implican los procesos con altos consumos de energía. Lo anterior está altamente ligado con el objetivo 7 de desarrollo sostenible, el cual propone energías asequibles y no contaminantes, al dar prioridad a los procesos y operaciones que incrementan la eficiencia energética, promoviendo los procesos fiables que disminuyen las descargas de gases contaminantes.

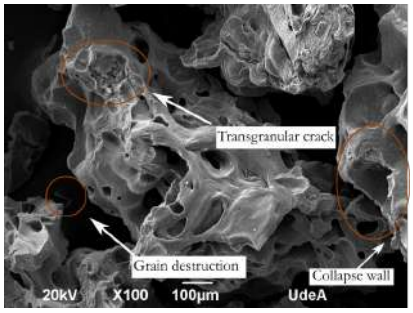
Tabla 1. Reducción de energía específica de fractura del material mediante radiación microondas

Tiempo de radiación microondas del coque metalúrgico (s)	BWI (kWh/ton)	Reducción en el consumo de energía (porcentaje)
0	68.96	-
10	63.33	7.48
20	53.07	23.04
30	59.41	13.85

Figura 1. Microscopía electrónica de barrido para la muestra sin irradiar e irradiada con microondas



a. Coque metalúrgico sin irradiar



b. Coque metalúrgico irradiado con microondas 20 s

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia por el soporte económico presentado para llevar a cabo este trabajo, el cual se realizó en el marco del proyecto "Estudio de alternativas para mejorar la velocidad específica de fractura a través de la intensificación de procesos de molienda en molinos de bolas", PVR201821371.

Referencias

Babich, A., Senk, D., Gudenau, H. W. y Mavrommatis, K. (2008). *Ironmaking: textbook*. RWTH Aachen University.

Ma, H., Pan, W., Liu, L., Zhang, Z. y Wang, C. (2019). Effects of Particle Size of Coke on Iron Ore Sintering Process. En *10th International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing. The Minerals, Metals & Materials Series*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05955-2_61

Marland, S., Han, B., Merchant, A. y Rowson, N. (2000). The effect of microwave radiation on coal grindability. *Fuel*, *79*(11), 1283-1288. https://doi.org/10.1016/S0016-2361(99)00285-9

Ruisánchez, E., Arenillas, A., Juárez-Pérez, E. J. y Menéndez, J. A. (2012). Pulses of microwave radiation to improve coke grindability. *Fuel*, *102*, 65-71. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.07.030

Ruisánchez, E., Juárez-Pérez, E. J., Arenillas, A., Bermúdez, J. M. y Menéndez, J. A. (2014). Molienda asistida con microondas de un coque metalúrgico. *Revista de Metalurgia*. *50*(2). http://dx.doi.org/10.3989/revmetalm.013

---

* e-mail: laura.coloradoa@udea.edu.co

ODS 7. Energía asequible y no contaminante

Adsorción de cobre (II) usando residuos de la molienda de coque metalúrgico

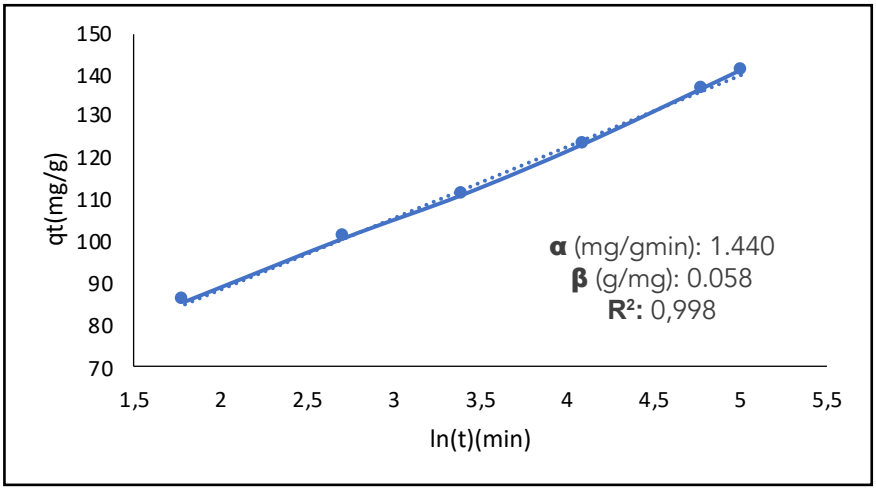
Luis Esteban Vásquez Castañeda, Laura Colorado Arango, Adriana Marcela Osorio Correa*

Grupo de Procesos Fisicoquímicos Aplicados, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

En este proyecto se utilizaron residuos de la molienda de coque metalúrgico con tamaños de partícula de aproximadamente 38 µm para cuantificar la capacidad de adsorción de iones Cu (II) (Barma, 2019; Anirudhan y Rijith, 2009), empleando para ello una solución de nitrato de cobre. El desarrollo experimental del proceso de adsorción se llevó a cabo mediante la activación química del coque utilizando KOH como agente activante en una relación 3:1 (Hsu y Teng, 2000). Inicialmente se estudiaron la cinética y las isotermas de adsorción en equilibrio, se evaluaron los efectos del tiempo de contacto, pH y dosis de adsorbente, encontrándose que a valores de pH 8, un tiempo de 2.5 h y una dosis de 0.3 g de adsorbente, se obtiene la máxima adsorción de cobre. Se utilizó espectrofotometría UV-vis para cuantificar los iones Cu (II) residuales del proceso de adsorción. La cinética de adsorción se ajustó al modelo de Elovich (Hsu y Teng, 2000), como se evidencia en la Tabla 1, lo que puede indicar que el proceso consiste en una adsorción química en lugar de física. Las isotermas de adsorción se modelaron con las ecuaciones de Langmuir, Temkin y Freundlich (Figueroa *et al.*, 2015;

Herrejón Figueroa *et al.*, 2008), siendo esta última la que presentó un mejor ajuste. Para la caracterización del material se emplearon análisis de área superficial por el método de BET, microscopía electrónica de barrido SEM y análisis elemental EDS para determinar los efectos físicos en la estructura del coque metalúrgico después de su activación química. La capacidad máxima de adsorción de iones Cu (II) fue de 140.8 mg/g a 24 °C. Este trabajo contribuye a la consecución del ODS7, considerando que busca mitigar el impacto negativo generado por el proceso de molienda del coque metalúrgico, reconocido tradicionalmente como fuente energética, el cual, a la vez, es un proceso que se caracteriza por su alto consumo energético y producción de residuos contaminantes.

Figura 1. Ajuste al modelo de Elovich



Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) por el soporte económico para el desarrollo de este trabajo, enmarcado en el proyecto "Estudio de alternativas para el mejoramiento de la velocidad específica de fractura mediante la intensificación de un proceso de molienda en un molino de bolas" PVR2018 21371.

Referencias

Anirudhan, T. S. y Rijith, S. (2009). Glutaraldehyde cross-linked epoxyaminated chitosan as an adsorbent for the removal and recovery of copper(II) from aqueous media. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *351*(1-3), 52-59. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2009.09.034

Barma, S. D. (2019). Ultrasonic-assisted coal beneficiation: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, *50*, 15-35. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.08.016

Figueroa, D., Moreno, A. y Hormaza, A. (2015). Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos en la adsorción de Rojo 40 sobre tuza de maíz. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *14*(26), 105-120. https://doi.org/10.22395/rium.v14n26a7

Herrejón Figueroa, M. L., Limón Rodríguez, B. y Martínez Miranda, V. (2008). Cinética e isotermas de adsorción de Pb(II) en el suelo de Monterrey. *Ingenierías*, *11*(41), 24-31. http://eprints.uanl.mx/id/eprint/10396

Hsu, L.-Y. y Teng, H. (2000). Influence of different chemical reagents on the preparation of activated carbons from bituminous coal. *Fuel Processing Technology*, *64*(1-3), 155-166. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(00)00071-0

---

* e-mail: adriana.osorio@udea.edu.co

ODS 9. Industria, innovación e infraestructura

Construcción del plan comunitario de gestión del riesgo de desastres para el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria de la vereda La Clara, Caldas, Antioquia

Mildred Xiomara Arias-Arias*, Maria Natalia Úsuga-Sepúlveda**

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

La vereda La Clara, ubicada al sur del Valle de Aburrá, en el municipio de Caldas (Antioquia), está asociada a la Reserva Forestal Alto de San Miguel, donde nace el río Aburrá, principal afluente del Área Metropolitana, albergando el 16% de la biodiversidad reportada en el país (Área metropolitana del Valle de Aburrá, s.f.). Este lugar está siendo afectado por las actividades antrópicas que desarrollan sus habitantes y los turistas que visitan el lugar, potenciando condiciones de riesgo para la población; por tanto, el objetivo principal del proyecto que se presenta es la construcción del Plan Comunitario de Gestión del Riesgo de Desastres, de manera colectiva, para mejorar la resiliencia de los habitantes de la vereda La Clara, esperando impactos a corto, mediano y largo plazo en la contribución y creación de cultura comunitaria y social sobre la prevención del riesgo.

Para el desarrollo de los objetivos del proyecto, se llevó a cabo una metodología cualitativa, analizando información primaria recolectada a partir de instrumentos de participación

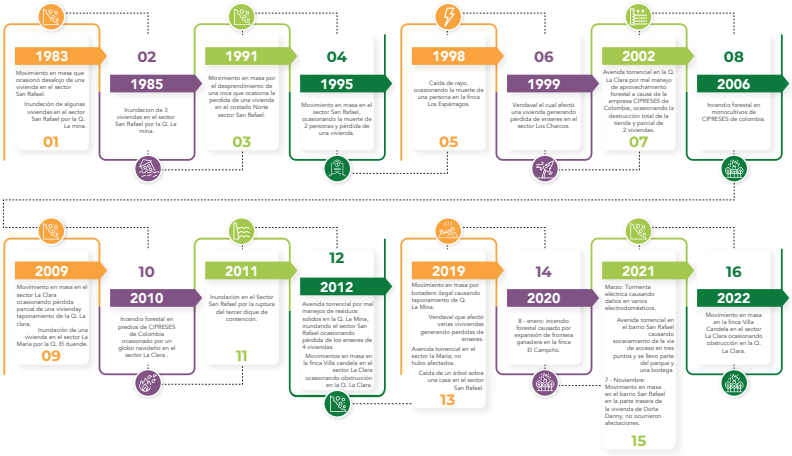
comunitaria como la encuesta, talleres y visitas de campo con líderes del territorio. Por otra parte, se analizó información secundaria del municipio de Caldas para la identificación de amenazas socio-naturales y condiciones de vulnerabilidad. Finalmente, se aplicaron distintas herramientas de análisis de información para la construcción de los escenarios de riesgos y el diseño de las medidas de reducción, armonizadas con instrumentos de planificación municipal.

Después de realizar análisis de los estudios del municipio de Caldas y del trabajo comunitario, se identificaron, principalmente, cuatro amenazas para la vereda: avenidas torrenciales, inundaciones, incendios forestales y movimientos en masa, presentando condiciones de riesgo por amenaza potencialmente alta y media para la población asentada en el territorio. A partir del trabajo comunitario, se logró construir la línea de tiempo de los eventos ocurridos por las amenazas mencionadas, en la cual se observan 26 eventos desde el año 1983 hasta el 2022, los cuales causaron pérdida de enseres, viviendas y vidas. Es importante resaltar que el proyecto apunta al Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (Industria, innovación e infraestructura), en el cual se incluyen los componentes de conocimiento, manejo y reducción del riesgo incorporados por el Marco de Sendai.

En conclusión, el aumento de la población y su concentración en áreas reducidas hace que estos desastres tengan mayor costo en vidas humanas y en perjuicios económicos y que haya un incremento de la vulnerabilidad de la población; por lo tanto, los beneficios para la comunidad de la vereda La Clara radican en la identificación de los riesgos y las amenazas y en estar mejor preparados para que, con su integración, logren un mayor poder de recuperación frente a las inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa e incendios forestales, con el fin de reducir las pérdidas económicas,

ecológicas, humanas y sociales que puedan producirse en el territorio.

Figura 1. Línea del tiempo de la vereda La Clara



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los docentes Edna Margarita Rodríguez, Lila María Cortez, Marco Antonio Giraldo y Carlos Arturo Hoyos por el conocimiento transmitido en la elaboración del proyecto; a la comunidad de la vereda La Clara por su participación en los diferentes ejercicios comunitarios, que permitió la captura de información primaria para el cumplimiento de los objetivos propuestos y, por último, al municipio de Caldas por el suministro de información cartográfica para la identificación de amenazas y zonas de riesgo.

Referencias

Área metropolitana del Valle de Aburrá. (s.f.). *Plan Metropolitano de Gestión del Riesgo de Desastres*. https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/5480-11584.pdf

Bibliografía

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2019). *Evaluación de la gobernanza del riesgo en Colombia*. https://doi.org/10.1787/f4ff1a69-es

Zapata Giraldo, V. (12 de agosto de 2017). *El Alto de San Miguel, donde brota la vida del Aburrá*. Esfera Viva. https://esferaviva.com/el-alto-de-san-miguel-donde-brota-la-vida-del-aburra/

---

* e-mail: xiomaraariasarias@gmail.com

** e-mail: natalyausuga@gmail.com

Análisis de la relación entre la disminución de la huella de carbono y el cumplimiento de la resolución 1257 de 2021 en las etapas de materiales y transporte de una edificación en Medellín

Nicolás Steven Pardo-Álvarez[1*], Jenny Marcela Sánchez-Montes[2], Sergio Andrés Arboleda-López[1]

[1] Grupo de investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia,
[2] Semillero de Investigación en Ciencia y Tecnología de la Construcción (SITEC), Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Se reconoce que el sector constructor es uno de los principales generadores de residuos de construcción y demolición (RCD) y de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial (Pardo *et al.*, 2022; United Nations Environment Programme, 2021). Teniendo en cuenta que el cemento genera el 7% del total de emisiones de CO_2 en todo el mundo (Hasanbeigi, 2021) y que la producción de concreto a nivel mundial en 2020 fue de 14 billones de metros cúbicos, con un consumo en el sector residencial del 40% (Global Cement and Concrete Association, s.f.), es importante entender la influencia del cumplimiento de la normativa local en gestión de RCD (Resolución 1257 de 2021) en el cálculo de la huella de carbono del sector constructor colombiano. Por esta

razón, en la presente investigación se analizó dicha relación, estableciendo como estudio de caso una edificación de vivienda en altura ubicada en la ciudad de Medellín (Colombia). Para esto, se plantearon cuatro escenarios de cumplimiento de Programa de Manejo Ambiental (PMA) en función de diferentes diseños de mezcla de concreto de 24 MPa de resistencia a la compresión, que presentaron la inclusión de aditivos superplastificantes, sustituciones parciales de cemento por ceniza volante tipo C o sustituciones parciales de agregados naturales por agregados reciclados, evaluando el porcentaje de material reciclado incorporado, el porcentaje de RCD gestionado y la huella de carbono asociada a la producción de materiales y transporte hasta la obra, como se muestra en la Tabla 1. Los resultados mostraron que el escenario 4 fue el mejor en el global de los indicadores ambientales, con un porcentaje de material reciclado incorporado y de gestión de RCD del 17.2% y 88.2%, frente al 11.3% y 98.5% del escenario base. Además, para la huella de carbono de materiales y transporte, este escenario presentó valores de 338.1 kg CO_2/m^2 y 13.8 kg CO_2/m^2, frente a 438.1 kg CO_2/m^2 y 4,0 kg CO_2/m^2 del escenario base, representando una reducción total del 20.4%. Si bien el escenario base presenta el porcentaje más alto en términos de gestión de RCD, el porcentaje de material reciclado incorporado y la huella de carbono total del escenario 4 demuestran la importancia de incluir estrategias de sostenibilidad en los concretos para edificaciones. Además, se muestra que los indicadores de la Resolución 1257 de 2021 pueden cumplirse de manera satisfactoria, tomando como referencia el cumplimiento del 10% de gestión de RCD en municipios de categoría especial para edificaciones construidas en 2022. La inclusión de criterios de sostenibilidad en los concretos puede contribuir al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 9, "mejorando la sostenibilidad del sector constructor", ODS 11, "utilizando

materias primas para la construcción sostenible y respondiendo a los desafíos de la disminución de los impactos ambientales del sector en América Latina", ODS 12, "en relación a la gestión sostenible de residuos sólidos con la inclusión de RCD para mejorar la cantidad de material reciclado en las edificaciones", y ODS 13, "disminuyendo la huella de carbono de las edificaciones y por ende el impacto ambiental del sector, en el contexto de cambio climático actual".

Tabla 1. Indicadores ambientales por escenario para la edificación

Escenario	Características del diseño de mezcla de concreto	Material reciclado incorporado (porcentaje)	Gestión de RCD (porcentaje)	Huella de carbono materiales (kg CO2/ m2)	Huella de carbono transporte (kg CO2/ m2)
Base	Sin incorporación de AS, CV o AR	11.3	98.5	438.1	4.0
2	Con incorporación de 1.5% de AS y una sustitución del 30% de cemento por CV tipo C, sin AR	11.4	88.2	340.1	13.8
3	Sin incorporaciones de aditivos o adiciones, pero con la sustitución del 20% de AN por AR	13.2	88.2	442.4	10.3
4	Con la incorporación de 1.5% de AS, sustitución del 30% de cemento por CV tipo C y sustitución del 20% de AN por AR	17.2	88.2	338.1	13.8

Nota: AS: Aditivo superplastificante. CV: Ceniza volante tipo C. AN: Agregado natural. AR: Agregado reciclado generado a partir de RCD.

Referencias

Global Cement and Concrete Association. (s.f.). Cement and Concrete around the World. https://gccassociation.org/concretefuture/cement-concrete-around-the-world/

Hasanbeigi, A. (17 de mayo de 2021). *Global Cement Industry's GHG Emissions*. Global Efficiency Intelligence. https://www.globalefficiencyintel.com/new-blog/2021/global-cement-industry-ghg-emissions

Pardo, N. S., Penagos, G. L. y Acevedo, H. (2022). Impactos ambientales asociados a la huella de carbono y la energía incorporada del ciclo de vida de una edificación en Medellín. *Informes de la Construcción*, *74*(565). https://doi.org/10.3989/ic.82758

Resolución 1257 de 2021 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por el cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición – RCD y se adoptan otras disposiciones. 23 de noviembre de 2021.

United Nations Environment Programme. (2021). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction*. https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction

---

* *e-mail: nicolas.alvarez@colmayor.edu.co*

Formulación de una modelo de negocio desde la producción de biomateriales a base del micelio de los hongos en el departamento de Boyacá

Diego F. García, Diana C. Gómez*, Jaime R. Lache**, Yuddy A. Castro

Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Tunja, Boyacá

Las industrias de empaques y curtiembres se constituyen, en la actualidad, como dos de las más contaminantes a nivel mundial, por la cantidad de residuos que generan y de recursos naturales que emplean para sus procesos productivos. Se estima que América Latina es el cuarto generador de plásticos a nivel mundial; aproximadamente 3.7 millones de toneladas terminan arrojadas en los océanos (Brooks *et al.*, 2020). Además, los procesos que se realizan dentro de las industrias de curtiembres demandan el uso de grandes cantidades de sustancias tóxicas para el tratamiento de las pieles, lo que genera un alto impacto ambiental (Carreazo Vásquez *et al.*, 2017). Considerando la problemática ambiental, es necesaria la búsqueda de alternativas sostenibles para la producción de empaques/embalajes y pieles, incorporando procesos basados en los principios de la economía circular, la cual cierra bucles en los procesos de fabricación industrial y minimiza el desperdicio. En este sentido, se propuso una idea de emprendimiento sostenible desde la producción de biomateriales compuestos a partir del micelio de los hongos.

Para la formulación de la idea de negocio, se determinaron los procesos productivos necesarios para la elaboración de este tipo de biomateriales, a partir de una revisión bibliográfica de los métodos y técnicas empleados por tres empresas internacionales dedicadas a este segmento de biofabricación. Asimismo, se realizó un estudio de viabilidad que permitiera la consolidación de la propuesta de valor, identificando las condiciones del entorno y la competitividad, como insumos para realizar el estudio de mercado. El análisis de prefactibilidad financiera se realizó empleando el punto de equilibrio como indicador de utilidades. La construcción, tanto de la etapa de formulación como de evaluación del proyecto, se desarrolló bajo la metodología de marco lógico. Se encontró una amplia variedad de oportunidades para que el negocio se mantenga en el mercado, tales como políticas estatales, opciones de financiamiento y una tendencia creciente del mercado de los negocios verdes. El portafolio de productos de EcoMycel Design ubica a este emprendimiento como una alternativa novedosa a la producción convencional de empaques y cueros, enmarcada en los pilares de la sostenibilidad, la biotecnología y la bioeconomía, debido a que permite la reducción de las emisiones de GEI provenientes de las industrias convencionales, y es así como esta idea de negocio tiene el potencial para hacer una contribución significativa a la mitigación del cambio climático y al cumplimiento de los objetivos 9 (Industria, innovación e infraestructura), 12 (Producción y consumo responsables), 13 (Acción por el clima) y 14 (Vida submarina) de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, mediante el establecimiento de un emprendimiento sostenible que emplee esta alternativa como matriz de producción. En la Figura 1 se observa el proceso productivo propuesto para EcoMycel Design.

Figura 1. Proceso productivo de EcoMycel Design

Referencias

Brooks, A., Jambeck, J. y Mozo-Reyes, E. (2020). *Plastic Waste Management and Leakage in Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank. http://dx.doi.org/10.18235/0002873

Carreazo Vásquez, D., García Pérez, L. C., Corredor Preciado, J. A. y Sastoque Beltrán, J. D. (2017). *Efectos en la salud asociados a la exposición ambiental a productos químicos generados en la industria del curtido en una población del barrio San Benito y su área de influencia durante el 2017* [Tesis de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. https://repository.udca.edu.co/handle/11158/827

** e-mail: diana.gomezc@usantoto.edu.co*

*** e-mail: jaime.lache@usantoto.edu.co*

Guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales adaptada a las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia

Elisa M. Avellaneda-Díaz[1*], Laura N. Castiblanco-Aranzalez[2]

[1] Ingeniera civil, ingeniera ambiental, especialista en Gestión Territorial y Avalúos, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia / Grupo de investigación GICAN, [2] Ingeniera ambiental, especialista en Gestión Territorial y Avalúos, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia

La infraestructura vial es un componente esencial para el desarrollo económico y social de los territorios. Sin embargo, los procesos constructivos, en ciertos proyectos, causan sobreexplotación de los recursos naturales, generan impactos en las comunidades residentes en la zona de influencia y muestran falencias en los manejos financieros (Rojas y Ramírez, 2018). Por esta razón, se diseñó un método sistemático que estima el nivel de sostenibilidad de una infraestructura vial contemplando las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia. Con base en cuatro metodologías internacionales, se consolidó un total de 148 criterios e indicadores de evaluación (Cabrera Eraso, 2021), a los cuales se les otorgó una nomenclatura específica y, posteriormente, se unificaron por términos semejantes, determinando cinco categorías:

- **Ambiental:** engloba los temas referidos al uso, impacto, gestión, planificación, evaluación e intervención de los recursos naturales (renovables y no renovables) y los servicios ecosistémicos.

- **Económica:** abarca toda la información cuantitativa y cualitativa que permita llevar a cabo un análisis amplio de variables económicas, visualizando un panorama general sobre la dinámica económica local.

- **Funcional y sociocultural:** hace referencia a aquellas esencias culturales que tienen una fuerte relación con la sociedad. El objeto es identificar qué tipo de impactos son causados a una población durante el desarrollo, construcción y mantenimiento de los proyectos.

- **Avance del proceso:** se fundamenta en la planeación, planificación y gestión integral para la construcción y ejecución de los proyectos, abordando la verificación del progreso técnico en cada una de las etapas del mismo.

- **Nivel de seguridad:** integra las temáticas relacionadas con los programas y acciones de construcción consensuada para la prevención, disminución y mitigación de los accidentes viales.

Asimismo, se fijaron 14 requerimientos preevaluación y 52 indicadores distribuidos en las categorías antes mencionadas; seguidamente, se establecieron las indicaciones del proceso idóneo para ejecutar la aplicación de la guía.

La guía se validó mediante el estudio de caso "Mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja-Chivatá", que se localiza en la provincia centro del departamento de Boyacá (Gobernación de Boyacá, s.f.). Como resultado de la aplicación, se determinó que la sostenibilidad del proyecto es del 63% (Tabla 1) de cumplimiento, lo que lo ubica en el *ranking* de clasificación bronce. Se identificó la necesidad de aumentar las prácticas de sostenibilidad, desde la planificación hasta el mantenimiento y seguimiento del proyecto vial.

Se aconseja realizar una caracterización detallada del territorio donde se va a desarrollar el proyecto, a partir de la documentación de ordenamiento territorial de la zona, con el fin de obtener la información necesaria antes de realizar alguna intervención, así como emplear la guía como una herramienta de gestión del territorio integrada a las políticas públicas, ya que contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 (Industria, innovación e infraestructura) y 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) (Naciones Unidas, s.f.). Por esta razón, se invita a los entes gubernamentales a que adopten la aplicación y el cumplimiento de la guía en sus procesos contractuales.

Tabla 1. Aplicación de la guía de sostenibilidad en el estudio de caso "Mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja- Chivatá"

(1) Categoría	(2) Requerimiento/Indicador	(3) Calificación dada	(4) % Cumplimiento indicador	(5) % Cumplimiento categoría	(6) % Cumplimiento proyecto vial
Ambiental	RQ - Proceso de revisión ambiental	7	70	54	63
	RQ - Plan de gestión de residuos	7	70		
	I - Sistema de getión ambiental	7	70		
	I - Control de flujo de escorrentia	8	80		
Económica	RQ - Análisis de costos del ciclo de vida	6	60	63	
	RQ - Inventario del ciclo de vida	6	60		
	I - Materiales regionales	7	70		
	I - Análisis de costos de aguas pluviales	8	80		
Funcional y Sociocultural	RQ - Plan de mitigación de ruido	8	80	70	
	RQ - Capacitación ambiental	2	20		
	I - Alcance cultural	8	80		
	I - Uso del suelo / planificación comunitaria	6	60		
Avance del proceso	RQ - Plan de proyección	2	20	65	
	RQ - Proceso constructivo	7	70		
	I - Evaluación del ciclo de vida	6	60		
	I - Acceso peatonal	9	90		
Nivel de seguridad	RQ - auditoria en seguridad	6	60	64	
	RQ - Cumplimiento de la normativa	6	60		
	I - Sistema de gestión de pavimento	6	60		
	I - Preservación y mantenimiento de infraetructura vial	7	70		

Fuente: elaboración propia.

Agradecimientos

Queremos agradecer su acompañamiento y orientación en el desarrollo de la presente investigación a la Universidad Santo Tomás, sedes Tunja y Bogotá, y a las facultades de Ingeniería Ambiental de ambas sedes; también, de manera particular, a la dirección de la Especialización en Gestión Territorial y Avalúos.

Referencias

Cabrera Eraso, S. (2021). *Evaluación de sostenibilidad de un proyecto vial en Colombia empleando los principios de la certificación greenroads v2* [Tesis de grado, Universidad de los Andes]. http://hdl.handle.net/1992/50687

Gobernación de Boyacá. (s.f.). *Contrato Plan Boyacá Bicentenario Conectividad Vial*. https://www.boyaca.gov.co/images/InformacionInteres/Informe-Conectividad-Vial2017.11.15.pdf

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Rojas López, M. D. y Ramírez Muriel, A. F. (2018). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *17*(32), 109-128. https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a6

---

* e-mail: elisa.avellaneda@usantoto.edu.co

Extracción del hierro a partir de hematita mediante el uso de bacterias

Diego Andrés Arteaga Zanguña[1*], Laura Natalia Patiño Gómez[1**], Lina Patricia Vega Garzón[2]

[1] Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental. Semillero Calidad y Tecnologías Ambientales, [2] Universidad Santo Tomás - Grupo GICAN

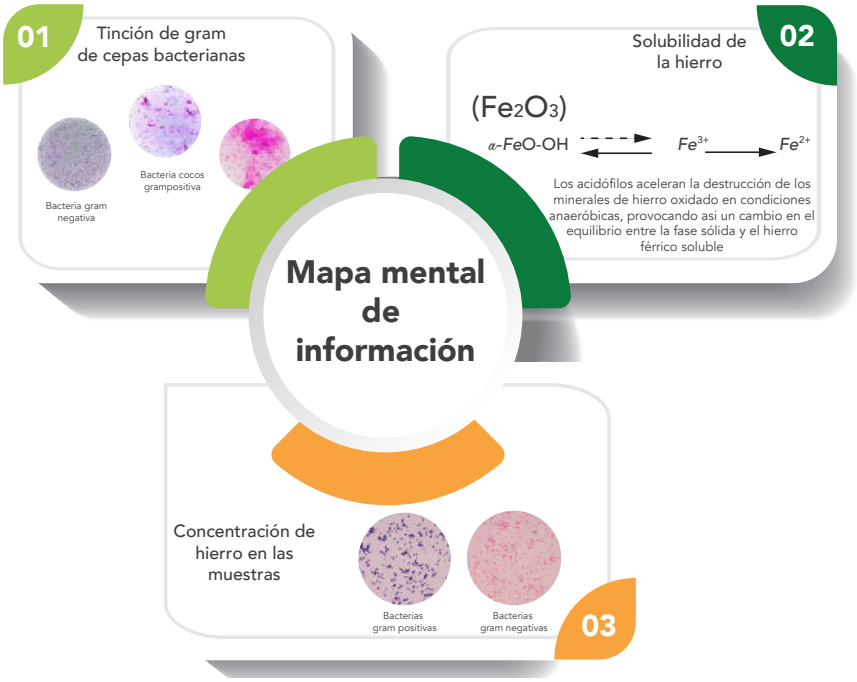
La minería es una actividad que el hombre lleva realizando durante miles de años, como fuente de minerales y metales para uso industrial (Srivastava y Srivastava, 2022). El hierro se encuentra formando parte de otros minerales, entre los cuales algunos de los más conocidos son la hematita (Fe_2O_3) y la magnetita (Fe_3O_4). Estos minerales, una vez extraídos, son sometidos a diferentes procesos para así obtener el hierro contenido en su estructura, como el caso de la tecnología de alto horno, en el que se mezcla con carbonato de calcio y coque para reducir el hierro a su forma metálica, con la consecuente emisión de CO_2 y la producción de escoria (Torres Búa, 2014, Capítulo 4.2.1). Debido a la alta demanda de hierro y a los efectos ambientales que generan estos procesos metalúrgicos tradicionales, en la actualidad se investigan nuevas estrategias donde intervienen los microorganismos para realizar estos procesos bioquímicos de forma más sostenible y sin la generación de impactos ambientales (Chen *et al.*, 2022). Se ha comprobado que algunas bacterias tienen la capacidad de oxidar el hierro bajo ciertas condiciones.

Por ejemplo, las bacterias acidófilas, conocidas como *Acidithiobacillus ferrooxidans*, oxidan el hierro como fuente de energía, proceso que se utiliza para la extracción de hierro a partir de materiales sulfurosos (Johnson *et al.*, 2013). Pero otra vía novedosa para la biominería es la oxidación de azufre elemental y la reducción de hierro férrico por medio de esta misma bacteria, sometida a condiciones especiales (Johnson *et al.*, 2013). Estas bacterias acidófilas tienden a ser muy aptas para sobrevivir en ambientes extremos, además pueden alimentarse de materiales orgánicos e inorgánicos y tener un crecimiento rápido en ciertas condiciones especiales, por lo que su uso en la metalurgia es una alternativa interesante por desarrollar (Bernadelli *et al.*, 2017).

En estudios realizados en la Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, se desarrolló una siembra de microorganismos para aislar tres tipos diferentes de bacterias a partir de suelos contaminados de minas de carbón. Las bacterias aisladas de tipo bacilos gram negativos, bacilos gram positivos y cocos gram positivos, entre las que se encuentra la bacteria *Acidithiobacillus ferrooxidans*, se cultivaron en medios nutritivos con adición de distintas cantidades de Fe(II) y Fe(III) en forma de sulfatos, encontrando que, a mayor concentración de hierro, se obtenía un mayor crecimiento de las colonias, concluyendo que su metabolismo es favorecido por la presencia de hierro en sus estados más oxidados. Por esta razón, en la segunda etapa de la investigación se utilizarán estas bacterias aisladas para tratar hematita (Fe_2O_3) en solución acuosa bajo diferentes condiciones de pH y nutrientes, con el fin de identificar el grado de solubilización de Fe por reducción a partir del efecto de estas bacterias aisladas previamente. El interés final es comprender los mecanismos para buscar alternativas costo-efectivas y de bajo impacto ambiental a los procesos metalúrgicos tradicionales,

en busca del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 9 (Industria, innovación e infraestructura) y 12 (Producción y consumo responsables).

Figura 1. Resumen gráfico



Referencias

Bernadelli, C., Plaza Cazón, J. C., Urbieta, M. S. y Donati, E. R. (2017). Biominería: Los Microorganismos en la Extracción y Remediación de Metales. *Industria & Química*, *368*, 47-56. http://hdl.handle.net/11336/57998

Chen, J., Liu, Y., Diep, P. y Mahadevan, R. (2022). Genetic engineering of extremely acidophilic *Acidithiobacillus* species for biomining: Progress and perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, *438*. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129456

Johnson, D. B., Grail, B. M. y Hallberg, K. B. (2013). A New Direction for Biomining: Extraction of Metals by Reductive Dissolution of Oxidized Ores. *Minerals*, *3*(1), 49-58. https://doi.org/10.3390/min3010049

Srivastava, J. y Srivastava, P. (2022). Biomining Microorganisms' Molecular Aspects and Applications in Biotechnology and Bioremediation. En I. Management Association (Ed.), *Research Anthology on Emerging Techniques in Environmental Remediation* (pp. 569-583). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3714-8.ch031

Torres Búa, M. (2014). *Materiales de uso técnico*. Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria Xunta de Galicia. https://recursos.edu.xunta.gal/sites/default/files/recurso/1464947174/index.html

---

* e-mail: diego.arteaga@usantoto.edu.co

** e-mail: laura.patinog@usantoto.edu.co

Desarrollo de concretos de bajo impacto ambiental a partir de aditivo superplastificante y el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición de concreto (C-RCD)

Faber Esneider Villa-Cardona[1*], Nicolás Steven Pardo-Álvarez[1], Juan Carlos Vera-Correa[2], Sebastián Moreno Marín[2], Juan Pablo Mejía-Hernández[2]

[1] Grupo de investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, [2] Semillero de Investigación en Ciencia y Tecnología de la Construcción (SITEC), Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Los residuos de construcción y demolición (RCD) generan grandes problemas ambientales debido a la alta y progresiva explotación de minerales y su consecuente disposición (Menegaki y Damigos, 2018). Su aprovechamiento como agregados en concreto es una estrategia que incrementa el grado de circularidad y disminuye el impacto ambiental respecto a concretos con agregados naturales (Garzón *et al.*, 2022). Además, en la Estrategia Nacional de Economía Circular se encuentra el flujo de materiales de construcción como una de las líneas de acción priorizadas, debido al bajo aprovechamiento y su elevado potencial (Gobierno de la Republica de Colombia, 2019). Por lo tanto, en esta

investigación se desarrollaron concretos de bajo impacto ambiental a partir de residuos de construcción y demolición de concreto (C-RCD) molidos de tamaño máximo de agregado de 3/8 de pulgada y aditivo superplastificante (AS). Además, se calcularon los indicadores ambientales de material reciclado incorporado (porcentaje) y huella de carbono (kg CO_2/m^3). Los factores de emisión para el cálculo fueron tomados del estudio de Pardo Álvarez *et al.* (2021). El experimento consistió en preparar una mezcla base sin C-RCD ni AS (SV100R0) y sustituciones parciales de agregado natural por C-RCD, del 20% (SV80R20), 40% (SV60R40), 60% (SV40R60), 80% (SV20R80) y 100% (SV0R100). Además, se preparó otra mezcla base con 2% de AS para reducir 30% de agua en la mezcla sin C-RCD (CV100R0) y sustituciones parciales de agregado natural por C-RCD del 20% (CV80R20), 40% (CV60R40), 60% (CV40R60), 80% (CV20R80) y 100% (CV0R100). Cada experimento se preparó por triplicado. Los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de curado mostraron que la mezcla CV60R40 presentó los mejores resultados en términos de resistencia, circularidad y emisiones, con 36.8±0.5 MPa frente a las mezclas base con 36.0±0.8 MPa de SV100R0 y 36.5±1.0 MPa de CV100R0, un porcentaje de material reciclado incorporado del 9.3% frente a 0% de ambas mezclas base y porcentajes de reducción de emisiones de CO_2 de 16.0% y 0.1% de SV100R0 y CV100R0, respectivamente (Tabla 1). La inclusión de criterios de sostenibilidad en los concretos puede contribuir al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 9, "promoviendo una industrialización sostenible en el sector constructor", ODS 11, "reduciendo el impacto ambiental de las ciudades y promoviendo la construcción de edificios sostenibles", ODS 12, "gestionando ecológicamente los RCD e incluyéndolos como materia prima para edificaciones", y ODS 13, "disminuyendo la huella de

carbono de las edificaciones y por ende el impacto ambiental del sector, en el contexto de cambio climático actual".

Tabla 1. Indicadores ambientales para las principales mezclas de concreto

Principales mezclas	Características del diseño de mezcla de concreto	Resistencia a la compresión (MPa)	Material reciclado incorporado (porcentaje)	Huella de carbono materiales (kg CO2/ m3)
SV100R0	Sin incorporación de AS ni sustitución parcial de agregado natural por C-RCD	36.0±0.8	0.0	754.1
CV100R0	Con incorporación de 2.0% de AS para reducir 30% de agua y sin sustitución parcial de agregado natural por C-RCD	36.5±1.0	0.0	634.0
CV60R40	Con incorporación de 2.0% de AS para reducir 30% de agua y con 40% de sustitución parcial de agregado natural por C-RCD	36.8±0.5	9.3	633.7

Nota: AS: Aditivo superplastificante. C-RCD: Residuos de construcción y demolición de concreto.

Referencias

Garzón, E., Martínez-Martínez, S., Pérez-Villarrejo, L. y Sánchez-Soto, P. J. (2022). Assessment of construction and demolition wastes (CDWs) as raw materials for the manufacture of low-strength concrete and bases and sub-bases of roads. *Materials Letters*, *320*. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.132343

Gobierno de la Republica de Colombia. (2019). *Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Presidencia de la República, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/estrategia-nacional-de-economia-circular-ec

Menegaki, M. y Damigos, D. (2018). A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, *13*, 8-15. https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.010

Pardo Álvarez, N. S., López Castaño, D. J. y Rico Pérez , M. A. (2021). Inclusión de concretos sostenibles en el cumplimiento de la Resolución 0472 de 2017 y la disminución de emisiones del sector constructor colombiano: Análisis de materiales. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, *14*(1), 76-85. https://doi.org/10.22335/rlct.v14i1.1510

---

* e-mail: faber.villa@colmayor.edu.co

Estrategias para la reducción de la huella de carbono asociada al consumo de materiales en una vivienda en Medellín

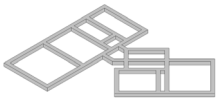
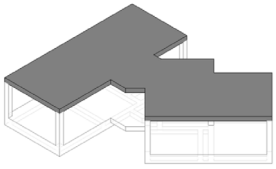
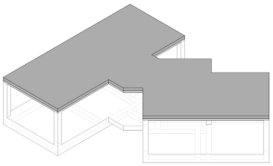
Leidy Monsalve Escudero*, Nicolás Steven Pardo-Álvarez, Sergio Andrés Arboleda-López, Kelly Leani Quintero García

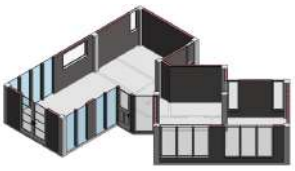
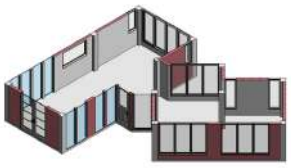
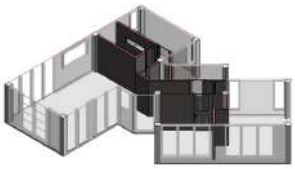
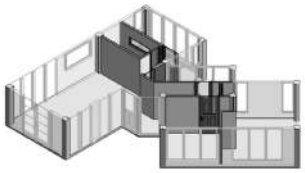
Grupo de investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

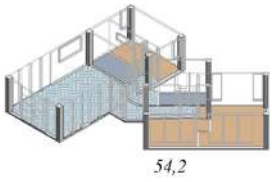
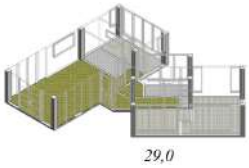
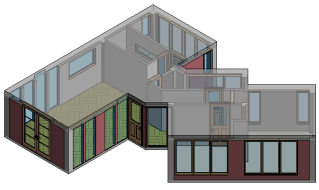
Se reconoce que el sector edificador es uno de los principales generadores de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial (Global Alliance for Buildings and Construction, 2021). Teniendo en cuenta que Colombia, dentro del Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Sectorial (PIGCCS) del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2020), desde la línea estratégica de desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima, plantea como meta para la construcción sostenible la reducción del 20% de las emisiones de GEI, el cálculo de la huella de carbono a través del ciclo de vida de las edificaciones se vuelve crucial. Por esta razón, en la presente investigación se calculó la huella de carbono en la primera etapa del ciclo constructivo (fabricación de materiales) de una vivienda de 100 m^2 en planta, en la ciudad de Medellín, y se plantearon estrategias de reducción. Para esto se analizaron las categorías de cimentación, losa de contrapiso, cubierta, paredes exteriores (con y sin ventana), paredes interiores y acabado de piso y se calcularon las

cantidades de materiales y las emisiones en kg CO_2/m^2, tomando como fuente los factores de emisión reportados por Pardo Álvarez *et al.* (2021). En la Tabla 1 se resumen las estrategias para la vivienda, tanto bajo sistema tradicional como sistema sostenible. Los resultados mostraron que la inclusión de diversas estrategias de sostenibilidad, como la inclusión de aditivos superplastificantes, cenizas volantes y agregados reciclados en el concreto, la implementación de mampostería sin acabados y el uso de sistemas de construcción liviana pueden representar una reducción del 38.4% en la huella de carbono, asociada a 290.7 kg CO_2/m^2 para el sistema tradicional y 179.0 kg CO_2/m^2 para el sistema sostenible. Además, se demostró que es posible alcanzar la meta planteada en el PIGCC del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio de reducción del 20% de las emisiones de GEI. La inclusión de criterios de sostenibilidad en los materiales de construcción puede contribuir al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 9, "promoviendo una industrialización inclusiva y sostenible en el sector constructor", ODS 11, "aumentando el número de edificaciones con criterios de sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental de las ciudades", ODS 12, "gestionando ecológicamente los RCD e incluyéndolos como materia prima para edificaciones", y ODS 13, "incorporando medidas relativas al cambio climático en las edificaciones a través del cálculo y la mitigación de la huella de carbono en las edificaciones".

Tabla 1. Indicadores ambientales por categoría para la edificación

Categoría	Sistema tradicional (kg CO2/m2)	Sistema sostenible (kg CO2/m2)	Reducción (porcentaje)
Cimentación	Concreto tradicional (sin aditivo superplastificante, ceniza volante ni agregado grueso reciclado) con acero largo de refuerzo 44,2	Concreto sostenible con 1.5% de aditivo superplastificante para reducir 15% de agua, 30% de ceniza volante y 10% de agregado grueso reciclado con acero largo de refuerzo  31,2	29.4
Losa de contrapiso	Concreto tradicional (ídem anterior) con malla electrosoldada de refuerzo 76,2	Concreto sostenible (ídem anterior) con malla electrosoldada de refuerzo 57,5	24.5
Cubierta	Concreto tradicional (ídem anterior) con malla electrosoldada de refuerzo  76,2	Concreto sostenible (ídem anterior) con malla electrosoldada de refuerzo y aligerado con poliestireno expandido  39,7	47.9

Categoría	Sistema tradicional (kg CO2/m2)	Sistema sostenible (kg CO2/m2)	Reducción (porcentaje)
Paredes exteriores con ventanas	76% de pared que incluye ladrillo cerámico común unido con mortero de pega y con acabados (revoque, estuco y pintura) en ambas caras. El porcentaje restante corresponde a ventanería con marco de aluminio.  13,6	60% de pared que incluye ladrillo cerámico caravista unido con mortero de pega y con acabados (revoque, estuco y pintura) en la cara interna. El porcentaje restante corresponde a ventanería con marco de aluminio.  9,7	28.7
Paredes interiores	Ladrillo cerámico común unido con mortero de pega y con acabados (revoque, estuco y pintura) en ambas caras  26,3	Panel prefabricado de yeso con aislante acústico en poliestireno expandido, sellante acústico en polietileno de alta densidad y pintura en ambas caras  11,9	54.8

Categoría	Sistema tradicional (kg CO2/m2)	Sistema sostenible (kg CO2/m2)	Reducción (porcentaje)
Acabado de piso	Baldosa cerámica unida con mortero de piso 	Baldosa cerámica unida con pegante especializado 	46.5
Vivienda completa			38.4

Referencias

Global Alliance for Buildings and Construction. (2021). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction*. UN Environment Programme. https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial. Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2021-02/anexo-resolucion-0431-2020.pdf

Pardo Álvarez, N. S., López Castaño, D. J. y Rico Pérez , M. A. (2021). Inclusión de concretos sostenibles en el cumplimiento de la Resolución 0472 de 2017 y la disminución de emisiones del sector constructor colombiano: Análisis de materiales. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, *14*(1), 76-85. https://doi.org/10.22335/rlct.v14i1.1510

---

* e-mail: leidy.monsalve@colmayor.edu.co

Elaboración de placas livianas a partir del aprovechamiento de rcd de yeso, como alternativa sostenible para la industria de la construcción

Daniela López Rugeles[1*], Nicolás Steven Pardo Álvarez[2], Harlem Acevedo Agudelo[1]

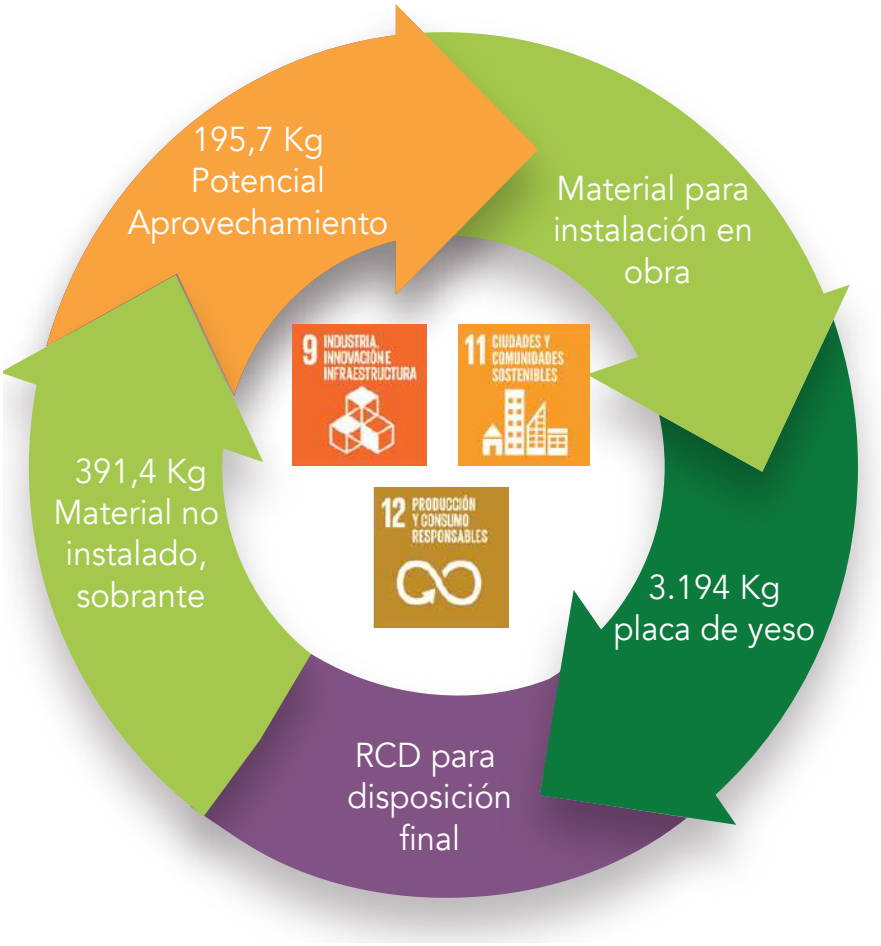
[1] Grupo de investigación Alquimia, Instituto Tecnológico Metropolitano, [2] Grupo de investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

La problemática ambiental generada por la industria de la construcción y los residuos de construcción y demolición (RCD) es cada vez más insostenible (Oluleye *et al.*, 2022). La mala disposición final de los residuos de placa de yeso contamina suelos y fuentes hídricas, genera sulfuro de hidrógeno y contamina e impide el reciclaje de otros RCD (Erbs *et al.*, 2021). Su aprovechamiento permitirá el cierre del ciclo de este material y aportará a la reducción de los impactos ambientales (Geraldo *et al.*, 2017; Ellen MacArthur Foundation, 2013). En esta investigación se desarrollaron placas incorporando RCD de placa de yeso, producto de la adecuación de un piso de oficinas de una edificación en Medellín, y se calculó el potencial de la cantidad de material reciclado incorporado, asociado a su aprovechamiento. Para las adecuaciones se enviaron 3 194.1 kg de placas de yeso (117 unidades de 1/2 in y 25 unidades de 5/8 in), instalando el 87.5%. Los residuos atravesaron un proceso de molienda y

posterior tamizado, hasta lograr un tamaño de 300 µm (pasante malla 50). Se elaboró una placa de referencia a partir de yeso virgen (YV100R0), tres combinaciones de placa de yeso con 50% de yeso virgen y 50% de yeso reciclado, considerando diferentes tamaños de partícula, la primera pasante malla 50 (YV50R50p), la segunda retenido malla 50 (YV50R50r) y la tercera con el residuo resultante del proceso de molienda (YV50R50pr). Además, se elaboraron placas únicamente a partir de yeso reciclado con las mismas tres variaciones en el tamaño de la partícula, pasante (YV0R100p), retenido (YV0R100r) y estado de entrega (YV0R100pr). Las muestras fueron falladas a flexión, tomando como referencia la ASTM C473. Se observó que la resistencia a la flexión máxima que soportó la placa de referencia fue de 0.086 kN y la placa que tuvo el comportamiento más relacionado con dicha referencia fue la YV50R50r, con valores de resistencia a flexión máxima 10% inferiores con respecto a la placa YV100R0. Teniendo en cuenta que la placa YV50R50r presenta un 50% de material reciclado incorporado, para el proyecto analizado pudo representar un aprovechamiento de 195.7 kg de RCD, que no llegaron a un sitio de disposición final, promoviendo la economía circular de este tipo de residuos. La inclusión de RCD en la elaboración de materiales de construcción puede contribuir al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 9, "por una transformación hacia industrias sostenibles que incluyan la economía circular para sus procesos y logren un uso eficiente de los recursos", ODS 11, "utilizando materias primas para la construcción sostenible", y ODS 12, "por la gestión sostenible de residuos sólidos", con el aprovechamiento de RCD y una orientación hacia la producción y el consumo responsables, reduciendo el impacto de la explotación de materias primas y de la inadecuada disposición final de materiales.

ODS 9. Industria, innovación e infraestructura

Figura 1. Esquema de circularidad



Referencias

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy Vol. 1: Economic and business rationale for an acceleratedtransition*.https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an

Erbs, A., Nagalli, A., Carvalho, K. Q. D., Mazer, W., Moraes Erbs, M. D., Paz, D. H. F. y Lafayette, K. P. V. (2021). Development of plasterboard sheets exclusively from waste. *Journal of Building Engineering*, *44*. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102524

Geraldo, R. H., Pinheiro, S. M. M., Silva, J. S., Andrade, H. M. C., Dweck, J., Gonçalves, J. P. y Camarini, G. (2017). Gypsum plaster waste recycling: A potential environmental and industrial solution. *Journal of Cleaner Production*, *164*, 288-300. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.188

Oluleye, B. I., Chan, D. W. M., Saka, A. B. y Olawumi, T. O. (2022). Circular economy research on building construction and demolition waste: A review of current trends and future research directions. *Journal of Cleaner Production*, *357*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131927

---

* e-mail: danielalopez216902@correo.itm.edu.co

Implementación de un método eficiente, simple y económico para la extracción de fibras de celulosa de residuos de pseudotallo de banano y su aplicación en la industria papelera

Johan Steven Valencia Duarte, Jesús Darío Hernández Ciro, Hely Johana Restrepo G., Erasmo Arriola Villaseñor, Efraín Enrique Villegas González, Alba N. Ardila A.*

Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Politécnico Colombiano Jaime Izasa Cadavid, Medellín, Colombia

En Colombia, una de las industrias más reconocidas y fortalecidas a lo largo de los años es la bananera, la cual tiene cobertura en 22 departamentos con sus 204 municipios, destacándose principalmente Valle del Cauca, Quindío, Antioquia, Cundinamarca, Huila, Chocó y Nariño por su alta producción (Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, 2020). El creciente aumento y desarrollo de este sector industrial ha traído consigo grandes problemáticas socioambientales por la generación de altas cantidades de residuos sólidos orgánicos debida, principalmente, a la morfología de la planta de banano. En este estudio se busca darle un valor agregado al pseudotallo del banano aislado a partir de las fibras de celulosa, las cuales pueden tener múltiples aplicaciones en diferentes sectores industriales convertirse

en una alternativa económica y ambientalmente viable. Se recolectaron residuos de pseudotallos de banano Domínico en la vereda El Barro del municipio de Girardota. Inicialmente se sometieron a diferentes tratamientos mecánicos para obtener la biomasa seca en polvo (BPS); posteriormente se llevó a cabo la extracción de las fibras mediante procesos fisicoquímicos, usando NaOH al 25% (FPD-Na25) y 30% (FPD-Na30) y H_2O_2 al 10% (FPD-H08). También se analizaron dos tipos de fibras comerciales provenientes del eucalipto (FEC-KC) y del pino (FPL-KC). El mayor rendimiento global para la extracción de fibras se obtuvo usando H_2O_2, lo cual representa un factor importante al momento de definir costos. Una comparación de los valores para los carbohidratos para las fibras obtenidas en el presente estudio (Tabla 1) y las comerciales evidencia que no hay diferencias significativas en cuanto a la composición química (0%, 90.51%, 25.96% y 64.55% para FEC-KC y 0%, 91.20%, 13.56% y 77.63 para FPL-KC); sin embargo, los datos obtenidos a la fecha no son suficientes para determinar el potencial de las fibras de celulosa extraídas del pseudotallo de banano como complemento (refuerzo) para la fabricación de productos comercializables por la empresa Kimberly Clark Corporation; por lo tanto, actualmente se están estudiando otras características de las fibras extraídas, como la morfología, el diámetro y la longitud, entre otras, para definir su potencial. Los resultados del análisis químico son coherentes con los identificados en los espectros DRIFT, evidenciándose la presencia de picos de absorción en 1 050 cm^{-1} asignados a la vibración del grupo C-O-C presente en unidades de glucopiranosa en moléculas de celulosa. También se identificaron vibraciones a 1 640 cm^{-1} y 1 240 cm^{-1}, correspondientes a los grupos carbonilo de la hemicelulosa y a compuestos fenólicos, respectivamente. Adicionalmente, se asociaron bandas de absorción a 3 340 cm^{-1} y 2 920 cm^{-1} con grupos hidroxilo y el estiramiento del

enlace C-H en la celulosa. Los análisis de TGA/DTA mostraron tres estados de transición, correspondientes a la degradación de la hemicelulosa, lignina y celulosa; así se identificó que la hemicelulosa comienza a degradarse entre 221 °C y 325 °C, seguida de la celulosa, entre 325 °C y 400 °C, y, finalmente, la estructura rígida de la lignina hace que se descomponga a mayores temperaturas, en este caso en un rango entre 400 °C y 500 °C (Shimizu *et al.*, 2018; Elanthikkal *et al.*, 2010).

Esta investigación contribuye al cumplimiento del ODS número 13 (Acción por el clima). También se minimiza el riesgo de que la mayor parte de dichos residuos vaya a efluentes hídricos, contribuyendo también al ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres).

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de las fibras obtenidas por diferentes procedimientos

Código	Procedimiento	Rendimiento (porcentaje)	Humedad (porcentaje)	Extraíbles (porcentaje)		Carbohidratos (porcentaje)			
				Agua	Etanol	Lignina	Holocelulosa	Hemicelulosa	Celulosa
BPS	Biomasa seca y molida	29.5	10.91	18.15	49.14	3.63	60.96	12.57	48.40
FPD-H08	Fibra de pseudotallo tratada con H_2O_2 8%	49.3	9.24	3.76	0.56	0.68	70.34	3.16	78.45
FPD-Na25	Fibra de pseudotallo tratada con NaOH 25%	12.0	8.89	1.65	0.16	0	93.59	3.27	90.32
FPD-Na30	Fibra de pseudotallo tratada con NaOH 30%	13.3	9.97	1.92	1.39	0	92.91	4.24	88.68

Agradecimientos

Los autores agradecen al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cavidad por la financiación del presente proyecto de investigación.

Referencias

Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. (2020). *Cadena de banano*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://sioc.minagricultura.gov.co/Banano/Documentos/2020-12-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf

Elanthikkal, S., Gopalakrishnapanicker, U., Varghese, S. y Guthrie, J. T. (2010). Cellulose microfibres produced from banana plant wastes: Isolation and characterization. *Carbohydrate Polymers*, *80*(3), 852-859. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.12.043

Shimizu, F. L., Monteiro, P. Q., Ghiraldi, P. H. C., Melati, R. B., Pagnocca, F. C., Souza, W. D., Sant'Anna, C. y Brienzo, M. (2018). Acid, alkali and peroxide pretreatments increase the cellulose accessibility and glucose yield of banana pseudostem, *Industrial Crops and Products*, *115*, 62-68. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.024

---

* e-mail: anardila@elpoli.edu.co

Elaboración de ladrillos con aditivos de cannabis

Laura Stefany Escobar Barragán*

Universidad Piloto de Colombia, Colectivo Ecohábitat.
Asociación AGPROCOM

El objetivo del presente estudio fue utilizar la fibra vegetal que se extrae de los cultivos de cannabis como aditivo para la elaboración de ladrillos de suelo cemento en el municipio de Corinto (Cauca), con la población del resguardo indígena Nasa - Paez Cxha Cxha Wala. Los insumos necesarios para la elaboración del ladrillo los suministró la comunidad y la muestra utilizada fue arcilla producto de la excavación extraída en sitio y el cáñamo producido en el lugar. Se realizaron las pruebas de campo, con el apoyo de la Universidad Piloto de Colombia, el colectivo de investigación Ecohábitat y la comunidad indígena y campesina, para observar la composición, con el método de la "botella", el cual consiste en llenar un recipiente con la tierra, agregar sal, mezclar y dejar reposar hasta identificar los porcentajes y verificar que sean los adecuados. En este caso, los componentes fueron: grava: 10%; arena: 20%; limo: 30%, y arcilla: 40%. También se implementó la prueba de contracción, para determinar la cantidad de cemento y tierra apropiada para los ladrillos; para ello fue necesario elaborar una caja de madera, de 0.60 m × 0.04 m × 0.04 m, y compactar la muestra de tierra con la fibra; posteriormente se dejó al sol por tres días y se midió la contracción de la tierra. Al dejar secar la muestra, hubo un encogimiento de 30 mm, demostrando una reducción

del 5% de la humedad inicial. De igual forma aplicamos la prueba de compactación, que nos indicó la capacidad de empaquetamiento que tuvo la tierra, la cual depende de la cantidad de limos y arcillas que esta contiene; para ello tomamos de la muestra seleccionada, en un puño de tierra tamizada y húmeda, formamos una bola con la presión que puede ejercerse con la mano y, a una altura de un metro del suelo, dejamos caer en línea recta este elemento, teniendo como referente que no se debe fragmentar en más de cinco partes.

Una vez identificadas las características adecuadas para la transformación de la tierra y añadida la fibra vegetal, seca y triturada, se procede a elaborar ladrillos con la maquina manual CINVARAM, con dos dosificaciones diferentes de cemento, conforme a lo establecido en el reglamento colombiano sismorresistente, en el Título D, en el número D.10.3, que regula la mampostería confinada, la cual define la resistencia mínima para garantizar que cualquier construcción no colapse.

Existe un gran potencial al utilizar el cáñamo en los ladrillos de adobe para las construcciones bioclimáticas en el territorio. Es un material local, que posee altas prestaciones térmicas y acústicas, además de ser una fibra vegetal renovable. Genera oportunidades de desarrollo económico, social y ambiental para la comunidad, con un método sencillo para su fabricación, y crea aportes significativos al contexto etnográfico. Por otro lado, la investigación es coherente con los siguientes ODS: 8. Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos, y 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

Tabla 1. Resultados comparativos de las muestras elaboradas

Unidad de medida: 1 tarro (5 galones)		
Materiales y características para la elaboración del ladrillo	**M1**	**M2**
Cemento	5%	8%
Arena	5	3
Limo	14	9
Cal	1/4	1/4
Fibra de cáñamo	5%	5%
Agua (L)	31.5	20
Unidades de ladrillos	63	40
Resistencia esperada	3.5 a 4.5 Mpa	4.5 a 7.5 Mpa
Longitud (mm)	300	300
Altura (mm)	150	150
Ancho (mm)	100	100
Color	Café	Café
Peso (kg)	6.5	6.5
Cumplimiento de la norma NRS - 10 - Título D (Tabla D.10.3-1 resistencias mínimas)	No	Sí

Agradecimientos

Él no busca homenaje, pero merece el reconocimiento y mi gratitud por todas las acciones sinceras y desinteresadas. Gracias, Arq. Iván Eraso.

Ellos, llenos de confianza, amor y esfuerzo, lograron formar el ser que soy, que hoy y siempre espera llenarlos de mucho orgullo y nunca decepcionarlos. Gracias, padres.

Bibliografía

Quiguanás Cuetia, A. (2011). *Los tejidos propios: Simbología y pensamiento del pueblo Nasa* [Tesis de grado, Universidad del Cauca]. https://radioteca.net/media/uploads/manuales/2015_08/LOS_TEJIDOS_PROPIOS_SIMBOLOGÍA_Y_PENSAMIENTO_DEL_PUEBLO_NASA.pdf

---

* e-mail: arqlaurastefany@gmail.com

ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles

Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en los reciclacentros de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México

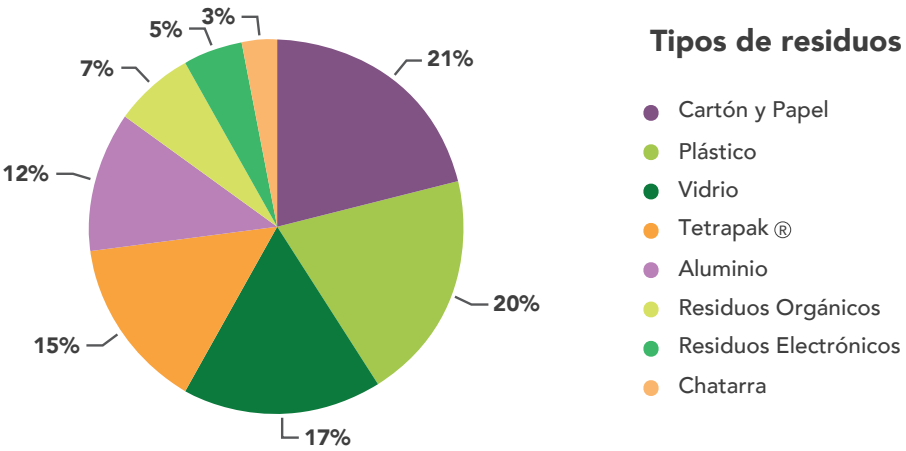
Dra. Juana Alvarado Ibarra, Kelly Cassandra Ochoa Cabrera*

Universidad de Sonora

Con el aumento de la urbanización y la demanda de sostenibilidad ambiental, una de las muchas dificultades presentes en las ciudades es garantizar una gestión eficiente y sostenible de los residuos sólidos urbanos (RSU); por ello es fundamental reducir la cantidad de residuos generados, así como aumentar su aprovechamiento (United States Environmental Protection Agency, 2020; Cajamarca Cajamarca *et al.*, 2019). En este contexto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo identificar los beneficios de los reciclacentros establecidos en la ciudad de Hermosillo (Sonora). Para ello se utilizó estadística descriptiva y se llevó a cabo un análisis de varianzas (ANOVA) con una confianza del 95% ($p < 0.05$). De los resultados obtenidos, en la Figura 1 se muestran los tipos de residuos que son separados por los encuestados para su aprovechamiento. Asimismo, respecto a los motivos por los cuales los ciudadanos acuden a los reciclacentros, el 24% de las personas encuestadas especificaron como principal razón el disminuir la contaminación de la ciudad, seguido de reducir la cantidad de residuos que terminan en tiraderos y responsabilizarse de los residuos generados, ambas con 19%. Por su parte, el reciclacentro que recibe

mayores volúmenes de RSU es también el más visitado, demostrando que los valores obtenidos son confiables y basados en las observaciones realizadas. Se concluye que, a través de los reciclacentros, es posible aumentar la cantidad de RSU que son aprovechados. Por su parte, dichos centros son bien aceptados por la ciudadanía y vistos como una buena iniciativa para reducir la contaminación en la ciudad, promoviendo, de esta forma, el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente el 11, crear "ciudades y comunidades sostenibles", y el 12, promover la "producción y (el) consumo responsables".

Figura 1. Tipos de RSU separados para aprovechamiento



Fuente: Elaboración propia.

Agradecimientos

A la Dra. Heidy Burrola, por su orientación y colaboración durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias

Cajamarca Cajamarca, E. S., Bueno Sagbaicela, W. R. y Jimbo Días, J. S. (2019). De cero a dinero: La basura como fuente principal para un negocio inclusivo de reciclaje en Cuenca (Ecuador). *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, *9*(17), 71-87. https://doi.org/10.17163/ret.n15.2018.05

United States Environmental Protection Agency. (2020). *Best Practices for Solid Waste Management: A Guide for Decision-Makers in Developing Countries*. https://www.epa.gov/international-cooperation/solid-waste-management-guide-developing-countries

* e-mail: a221130078@unison.mx

Es posible el desarrollo sostenible en la minería: el caso “Las chispas” en Arizpe, Sonora

María del Rosario Robles-Robles

Universidad Estatal de Sonora

El debate acerca de los beneficios de la minería o la ausencia de estos para una nación, un Estado o un territorio es más actual que nunca. En una perspectiva que analiza el impacto económico de la minería, encontramos los trabajos de Davis y Tilton (2012), Ross (2001) y Aroca (2001), quienes, desde sus diferentes puntos de vista acerca del impacto de la minería en las regiones, coinciden en que, para que este sea positivo, requiere la acción de políticas públicas y Gobiernos que atiendan las desigualdades entre las grandes empresas trasnancionales y las comunidades, así como la necesidad de establecer acciones para que el consumo se haga en la localidad donde se realiza la actividad; de otra forma, los impactos son nulos o negativos. Desde otra posición en este debate, autores como Garibay (2017) afirman que la sustentabilidad en la minería es solamente un discurso que ha permitido a grandes corporaciones mineras construir figuras para influir en los espacios internacionales, nacionales o regionales con el fin de “intervenir, desposeer y dominar a sociedades locales” (p. 1). Guevara González (2018) resalta la necesidad de acciones concretas desde el marco legal en México, que permitan proteger el medio ambiente, y señala que este marco legal permitió la apertura del sector

minero, provocando que grupos empresariales se beneficien del usufructo de la mina, provocando la desposesión de las comunidades en las que se ubica.

Para que los proyectos mineros y la operación minera sean sustentables, es necesario que desarrollen actividades en las inmediaciones de los municipios del Estado de Sonora y generen proyectos alineados con los ejes de la sustentabilidad, en los cuales se tomen en cuenta las necesidades de la población para su incorporación a las temáticas que contribuyan a que ambas partes, empresa-sociedad, coadyuven en el mejoramiento de la calidad de vida. Así mismo, el proyecto minero debe cumplir con los requerimientos gubernamentales establecidos para la implementación y operación de la mina. Estas políticas públicas deben atender las necesidades económicas, sociales y de salud de las comunidades. Mientras las comunidades no sean un actor clave y de primera línea en el desarrollo de proyectos mineros, no podremos hablar de una minería sustentable.

La hipótesis planteada es que la actividad minera en Sonora se constituye como un enclave de producción, por lo que los pobladores de Arizpe tendrán pocas posibilidades de integrarse en el campo laboral. La metodología fue mixta, mediante un análisis descriptivo, utilizando herramientas como encuestas y entrevistas a pobladores de Arizpe y actores estratégicos. Resultados revelan que los pobladores no se encuentran interesados en laborar en la empresa minera, lo que confirma la hipótesis planteada; adicionalmente, se observa que las condiciones de vida y de servicios públicos de los pobladores se encontraban por encima de la media estatal. Los resultados obtenidos revelan que los pobladores no se encuentran interesados en laborar en la empresa minera y que la misma naturaleza del trabajo los excluye;

además, tienen pocas posibilidades de emprender, lo que confirma la hipótesis planteada. También se observa que, antes del inicio de operaciones, los indicadores de pobreza de los pobladores de Arizpe se encontraban debajo de la media y las condiciones de vivienda cubrían los indicadores de bienestar (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, s.f.).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible que se abordan aquí son el 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 12 (Producción y consumo responsables).

Tabla 1. Conocidos interesados en trabajar en la mina Las Chispas

Escolaridad	Nivel de interés					
	Nada	Muy poco	Poco	Intere-sado	Muy intere-sado	Total
Otra	1	1	1	1	4	8
Preparatoria	8	5	2	0	11	26
Primaria	3	0	1	4	4	12
Secundaria	5	3	5	4	10	27
Universidad	11	2	4	9	8	34
Total	28	11	13	18	37	107

Tabla 2. Interesados(as) en trabajar en la mina Las Chispas

Escolaridad	Nivel de interés					
	Nada	Muy poco	Poco	Intere-sado	Muy intere-sado	Total
Otra	2	1	0	2	3	8
Preparatoria	8	3	2	6	7	26
Primaria	7	1	1	1	2	12
Secundaria	14	2	5	2	4	27
Universidad	14	2	4	3	11	34
Total	45	9	12	14	27	107

Referencias

Aroca, P. (2001). Impacts and development in local economies based on mining:: the case of the Chilean II region. *Resources Policy*, *27*(2), 119-134. https://doi.org/10.1016/S0301-4207(01)00013-7

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (s.f.). *Medición de la pobreza*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2020.aspx

Davis, G. A. y Tilton, J. E. (2012). *Should developing countries renounce mining? A perspective on the debate*. https://kipdf.com/should-developing-countries-renounce-mining-a-perspective-on-the-debate-graham-a_5aaba8911723dd293eb35ecc.html

Garibay, C. (2017). Clúster minero global, instauración de horizontes de coerción y resistencias en sociedades locales mexicanas. En Durand, L. *et al.* (Eds.), *Naturaleza y capitalismo* (en prensa). UNAM. https://we.riseup.net/ecopol/garibay-claudio-2017-cl%C3%BAster-minero+408593

Guevara González, B. X. (2018). La inversión extranjera directa en la minería en México: el caso del oro. *Análisis Económico*, *31*(77), 85-113. https://analisiseconomico.azc.uam.mx/index.php/rae/article/view/52

Ross, M. (2001). *Extractive Sectors and the Poor. An Oxfam America Report*. Oxfam America. https://www.sscnet.ucla.edu/polisci/faculty/ross/papers/other/oxfam.pdf

Estrategia para promover el desarrollo de la gobernanza ambiental del municipio de Medellín: construcción de lineamientos sobre gobernanza ambiental en la educación

Sandra Milena Silva Arroyave[1*], Carlos Andrés Medina Restrepo[2]

[1] Ingeniera ambiental, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia. Doctora en Estudios Organizacionales de la Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México. Magíster en Administración, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia. Docente de planta de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (Colmayor), Medellín, Colombia. Grupo de Investigación Ambiente, Hábitat y Patrimonio en Colmayor.
[2] Constructor civil, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. Especialista en Construcción Sostenible, I.U. Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. Magister en Construcción, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (Colombia). Doctor en Estudios Organizacionales, Universidad Autónoma Metropolitana de México (UAMI), México. Decano de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (Colmayor), Medellín, Colombia. Grupo de investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad en Colmayor.

El objetivo del proyecto de investigación titulado "Diseño e implementación de estrategias para el desarrollo de la gobernanza ambiental del municipio de Medellín y de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia" fue establecer una estrategia que permitiera generar un mayor nivel de desarrollo de la gobernanza ambiental del municipio de Medellín, para lo cual se generó un espacio de participación colectiva entre los diferentes actores que forman parte del Comité Temático Interinstitucional de Educación Ambiental (CIDEAM), a través de la realización de una serie de talleres (Tabla 1) que dieron lugar a la creación de los lineamientos sobre gobernanza ambiental en la educación, cuyo objetivo fue

> proporcionar un marco de referencia para propiciar el desarrollo de procesos formativos que favorezcan el cuidado de los recursos naturales y el ambiente y apoyen los esfuerzos educativo institucionales orientados a la conservación de la biodiversidad y a la solución de los problemas socio ambientales conexos en el territorio, a través de la incorporación de estrategias de gobernanza ambiental en la educación. (Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia y Comité Interinstitucional de Educación Ambiental, s.f., p. 3)

Tabla 1. Talleres realizados para la construcción de los lineamientos sobre gobernanza ambiental en la educación

Taller realizado	Descripción	Metodología empleada
Cómo entendemos la gobernanza ambiental en la educación	Definiendo un concepto propio para la gobernanza ambiental en la educación	Cuestionario
¿Cómo nos soñamos la gobernanza ambiental dentro del componente educativo?	Establecer la visión y el contenido que tendrían los lineamientos sobre cómo incorporar la gobernanza ambiental en la educación	Mapa de sueños
Hacia dónde vamos con los lineamientos de la gobernanza ambiental en la educación	Definir los objetivos y metas de los lineamientos sobre cómo incorporar la gobernanza ambiental en la educación	Lluvia de ideas
Construyendo los cimientos de la gobernanza ambiental en la educación	Definición del marco teórico - listado de referentes en educación y gobernanza ambiental Definición de experiencias que se hayan tenido en el ámbito educativo que permita evidenciar prácticas de gobernanza ambiental	Taller en equipos de trabajo

Taller realizado	Descripción	Metodología empleada
Alcanzando el punto de encuentro entre la gobernanza ambiental y la educación y midiendo su avance	Establecer las estrategias que permitan incorporar los criterios de la gobernanza ambiental en la educación y sus respectivos indicadores	Votación Creación de estrategias
Comunicando la unión entre la gobernanza ambiental y la educación y redactando sus experiencias vivenciales	Definir las estrategias para la divulgación de los lineamientos sobre la gobernanza ambiental en la educación y su sostenimiento en el tiempo	Taller en equipos de trabajo

A partir de los resultados obtenidos en cada taller, se procesó la información a través de un análisis cualitativo de la misma, cruzando la participación de cada uno de los actores y agrupando las respuestas similares entre sí y aquellas diferenciadas, para tenerlas en cuenta en la redacción de cada uno de los ítems definidos para la creación de los Lineamientos sobre Gobernanza Ambiental en la Educación, los cuales tienen el siguiente contenido:

Introducción

1. Objetivos
2. Glosario
3. Marco teórico
4. Estrategias para la incorporación de la gobernanza ambiental en el ámbito educativo

5. Estrategias comunicativas para la incorporación de la gobernanza ambiental en la educación
6. Bibliografía

La Figura 1 presenta la portada sobre los lineamientos de la gobernanza ambiental en la educación.

Figura 1. Portada de los Lineamientos sobre Gobernanza Ambiental en la Educación

Fuente: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia y Comité Interinstitucional de Educación Ambiental (s.f.)

Dentro de las principales conclusiones, se tiene que es posible aprovechar los espacios de ciudad para participar de manera activa entre los diferentes actores que conforman la sociedad y generar así dinámicas que permitan potenciar la generación de ciudades y comunidades sostenibles a través de la generación de alianzas entre los diferentes actores para la ejecución individual y conjunta de planes, programas y proyectos que promuevan la conservación y la protección de los recursos naturales, la generación de satisfactores sociales y la mejora económica.

Agradecimientos

Al Comité Temático Interinstitucional de Educación Ambiental (CIDEAM) y todos sus actores participantes, así como a la Secretaría de Medio Ambiente del municipio de Medellín.

Referencias

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia y Comité Interinstitucional de Educación Ambiental. (s.f.). *Lineamientos sobre Gobernanza Ambiental en la Educación*. Alcaldía de Medellín. https://www.colmayor.edu.co/wp-content/uploads/2022/04/LineamientosGobernanzaAmbiental-2.pdf

Bibliografía

de Castro, F., Hogenboom, B. y Baud, M. (Coord.). (2015). *Gobernanza ambiental en América Latina*. CLACSO y ENGOV. http://www.rniu.buap.mx/infoRNIU/abr16/2/lib_gobernanza-ambiental-americal-latina.pdf

Delgado, L. E., Bachmann, P. L. y Oñate, B. (2007). Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana. *Revista Ambiente y Desarrollo*, *23*(3), 68-73.

Martínez, N. y Espejel, I. (2015). La investigación de la gobernanza en México y su aplicabilidad ambiental. *Economía, Sociedad y Territorio*, *15*(47), 153-183. https://doi.org/10.22136/est002015557

Molina, D. (2014). Gobernanza ambiental en Colombia: la acción estatal y de los movimientos sociales. *Ambiente y Desarrollo*, *18*(34), 27-42. https://doi.org/10.11144/Javeriana.AYD18-34.gaca

Pérez Niño, W. (2021). Gobernanza ambiental y transformación social en Colombia. *Jurídicas*, *18*(2), 281-296. https://doi.org/10.17151/jurid.2021.18.2.16

Valverde Garnica, A. (2016). La gobernanza ambiental como enfoque para la cogestión adaptativa. *Integra Educativa*, *9*(1), 159-168. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1997-40432016000100010&script=sci_abstract

---

* e-mail: sandra.silva@colmayor.edu.co

Sobre los factores físicos-sociales del espacio público para personas mayores: preliminares

Marissa Montserrat Ibarra Gallardo*, Wílder Álvarez Cisneros

Universidad Autónoma de Chiapas

Este documento presenta avances de la tesis doctoral "Región amigable con las personas mayores de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (ZMTGZ), Chiapas: un análisis físico-social del espacio público". En este sentido, en el año 2050 una cuarta parte de la población mundial tendrá 60 y más años (Department of Economic and Social Affairs, 2015). Esta pauta de envejecimiento deja entrever las profundas interrelaciones existentes entre el espacio público y las necesidades socioespaciales de las personas mayores, que inciden en el acceso universal a espacios seguros e inclusivos que promuevan las actividades cotidianas y el intercambio de experiencias de este grupo poblacional.

La finalidad es presentar conjeturas preliminares descriptivas acerca del análisis de las dimensiones socioespaciales que conciernen al espacio público y las personas mayores, es decir, aquellas que inciden en el ambiente físico-social para la creación y adaptación de entornos amigables entre personas mayores y el espacio público en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas).

En consecuencia, es indispensable resaltar la diferencia entre envejecimiento y vejez, el primero conceptualizado como proceso biológico natural del ser humano que, sin duda, de

forma gradual conlleva al descenso de capacidades físicas y mentales, aumentando con ello el riesgo de desarrollar enfermedades, y finalmente a la muerte. La vejez es una etapa de la vida cuya edad de inicio la establece la sociedad; de ahí que, en la actualidad, en los países en desarrollo como México, se acepta como inicio los 60 años.

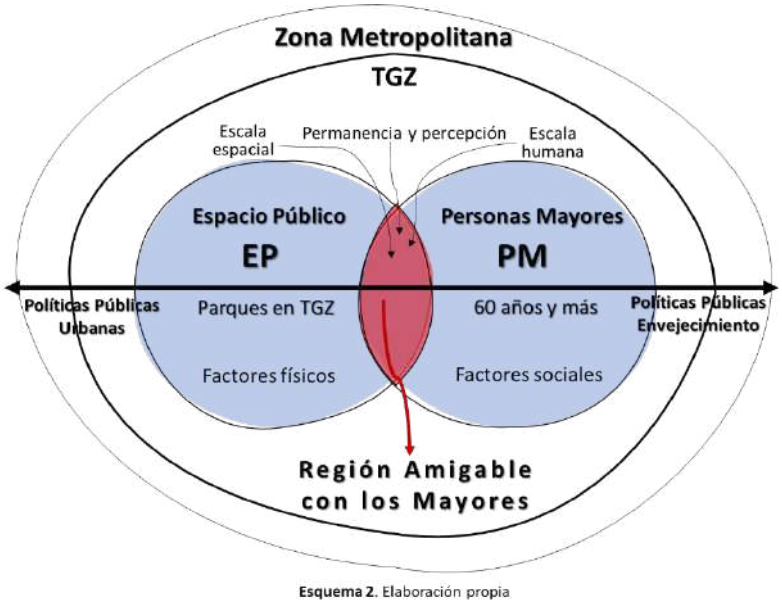
Los preceptos anteriores se acotan para insertarlos en el espacio público. Dicho término asume el espacio como multifuncional y multifacético, de acceso libre y generalizado, punto de encuentro, ocio y esparcimiento donde se manifiesta la vida cotidiana, a través de experiencias y actividades con desiguales interacciones sociales, culturales y políticas.

La metodología propone un enfoque mixto, con diseño de ejecución concurrente. El universo de esta investigación lo conforman las personas mayores de la ZMTGZ, Chiapas. Se priorizó a las personas mayores de las localidades urbanas. Se construyó un cuestionario de preguntas cerradas, a partir de la operacionalización de variables e indicadores que generaron los ítems como instrumento para acopiar información; con una muestra probabilística con un nivel de confianza del 90%, un margen de error de 6%, una probabilidad de éxito del 50% y una probabilidad de fracaso del 50%, obteniendo un total de 205 encuestas. A pesar de la pandemia, el contexto de aplicación fue cara a cara, y se utilizó la teoría estadística para su análisis.

Los resultados presentados desglosan el perfil sociodemográfico y los factores físicos y sociales. En consecuencia, las conclusiones parciales resaltan estos factores, así como la percepción de las personas mayores que interactúan en el espacio público e indican la importancia de adaptar espacios para envejecer, que permitan transitar de la exclusión actual a la inclusión digna de espacios públicos y,

por ende, imbricados en el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles). El papel de las políticas públicas urbanas y sociales de bienestar de las personas mayores en el contexto nacional permea la visión no transversal de estas.

Figura 1. Región amigable con los mayores



Esquema 2. Elaboración propia

Referencias

Department of Economic and Social Affairs. (2015). *Expert Group Meeting on Global ageing and the data revolution*. United Nations. https://www.un.org/development/desa/ageing/meetings-and-workshops-2/expert-group-meeting-on-global-ageing-and-the-data-revolution.html

---

* e-mail: marissa.ibarra@unach.mx

Optimización del tiempo de compostaje de residuos lignocelulósicos y orgánicos por medio de bacterias ambientales en la universidad de San Buenaventura seccional Cartagena

Laura Ramírez Wilches*, Arley Reales Ruiz, Jorge Castellón, Edison Zuluaga Hernández

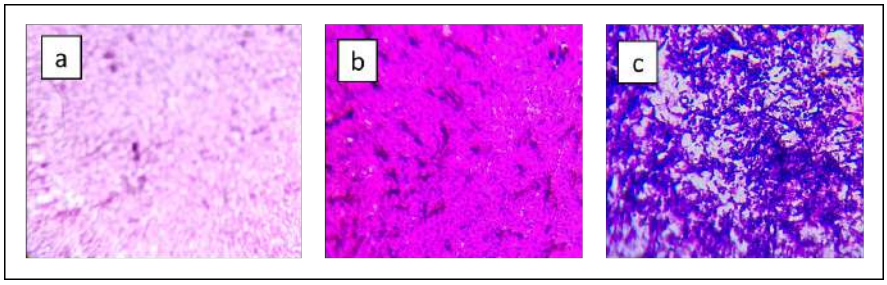
Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena, Facultad de Ingenierías, Grupo GICI, Semillero SIBIAM

La población mundial se acerca a los 8 mil millones de habitantes, lo cual supone un gran desafío para el manejo de sus residuos sólidos. De estos residuos, los desechos orgánicos generados a nivel mundial exceden los 1 300 millones de toneladas por año, solo provenientes de los alimentos de desperdicio, lo cual representa un tercio del total de la producción de alimentos (Romero *et al.*, 2022). La comunidad de la Universidad de San Buenaventura seccional Cartagena no es ajena a esta problemática, puesto que, producto de la actividad comercial de las cafeterías, se genera una gran cantidad de residuos orgánicos. Unido a esto, su campus tiene un área estimada de aproximadamente 19 ha, de las cuales solo un 15% está construido, contando con amplias zonas verdes que generan una gran cantidad de residuos lignocelulósicos por muda de los árboles y mantenimiento de los jardines (poda), incrementando así el

volumen de disposición de residuos a la entidad encargada de la recolección. Con el objeto de minimizar el impacto generado por la producción de residuos sólidos en la universidad y apuntando al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente el ODS 12 (Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles), se implementó un proceso de producción de compost (Flores López, 2021) a partir de material lignocelulósico y residuos orgánicos provenientes de la hojarasca, la poda y las cafeterías de la universidad. Actualmente esta investigación lleva un avance aproximado del 80%, en el cual se han desarrollado los dos primeros objetivos específicos: la producción del compost y la identificación de los microorganismos (MO) efectivos para usar como biocatalizadores del proceso, quedando por desarrollar el tercer objetivo específico: diseñar y construir una planta de compost en la Universidad de San Buenaventura, de acuerdo con los volúmenes de residuos producidos. Como resultados de esto, inicialmente, se cuantificó la cantidad de residuos generados, de los cuales se tomó una muestra de 2 kg, realizando el proceso de compostaje por dos meses y monitoreando variables como temperatura, humedad, olor, textura y carga microbiana, hasta determinar las características adecuadas del compost (Rubio *et al.*, 2018). Del compost maduro obtenido, se cultivaron y aislaron en agar nutritivo los MO presentes, identificando cocos y bacilos grampositivos y gramnegativos por la técnica diferencial de tinción de Gram y escogiendo por mayor presencia en las poblaciones cultivadas tres colonias: dos de bacilos gramnegativos (*Pseudomonas putida* y *Serratia odorifera*) y uno de bacilos grampositivos (*Streptococcus rhizopus*) como catalizadores del proceso para minimizar el tiempo de compostaje (Figura 1). Se replicó el proceso con los tres MO de forma individual y en consorcios, haciendo bioaumentación al inicio de cada uno (Raffo, 2022; Leiva y Constante, 2021), obteniendo una diferencia en los

tiempos de maduración de hasta 15 días. Como conclusión, se observó que, al inocular MO efectivos al inicio del proceso, se redujo el tiempo de maduración, presentando un mejor desempeño con el inóculo de *Pseudomonas putida*.

Figura 1. *Principales microrganismos efectivos. a)* Pseudomonas putida, *b)* Serratia odorífera, *c)* Streptococcus rhizopus



Referencias

Flores López, J. L. (2021). Propuesta de una planta para el tratamiento de residuos orgánicos en la ciudad de Tambogrande. *Revista Ingeniería*, *5*(12), 111-122. https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v5i12.78

Leiva Mora, M. y Constante Ibarra, T. G. (2021). *Inoculación de microorganismos en el proceso de compostaje* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33464

Raffo, F. C. (2022). *Mejoramiento del compostaje de residuos orgánicos de la avicultura mediante la utilización de microorganismos efectivos* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Nacional]. http://hdl.handle.net/20.500.12272/6638

Romero, J., Cruz, R. M. S., Díez-Méndez, A. y Albertos, I. (2022). Valorization of Berries' Agro-Industrial Waste in the Development of Biodegradable Pectin-Based Films for Fresh Salmon (*Salmo salar*) Shelf-Life Monitoring. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(16). https://doi.org/10.3390/ijms23168970

Rubio, J. P., Santo, F. C., Salazar, A. M., Arcos, P. A., Lara, V. y Segovia, C. S. (2018). Evaluación del manejo de los residuos sólidos en la ciudad de puyo. *Ambiente y Sustentabilidad*, *3*.

---

* e-mail: laura.ramirez@usbctg.edu.co

Dreaming of urban green spaces

Mariagrazia Leonardi*

Di3A University of Catania

The recent European Strategy for Sustainable Development Goals (United Nations, n.d.) with the European Green Deal (European Commission, 2019) and the european taxonony for sustainable activities (EU Technical Expert Group on Sustainable Finance, 2020) include greening of cities with the aim of improving the equity in terms of access, distribution and quality of green areas, the promotion of human well-being. The Green Laboratory Experience action and research project (GE-Lab, Di3A, University of Catania) aims at these objectives. The work, focused on public space, faces a multidisciplinary design approach for the ecological transition in a historicized urban environment following the indications of the Italian PNRR (Governo Italiano, Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2021). The work was conducted with the disciplines of Landscape Architecture and Horticulture and Floriculture and consists of three main phases: 1) the spatial analysis, with the definition of guidelines for the synchronic and diachronic analysis of places and the study of existing landscape and urban planning; 2) synthesis and definition of judgments on criticalities and potentialities; 3) the planning and design of green redevelopment interventions of the places to be converted into public spaces.

Case study was the historic center of the city of Catania, in Sicily. In compliance with the Rome Public Space Charter (Biennnale

Spazio Pubblico, 2013) and the proposals promoted by the Istituto Nazionale di Urbanistica (Viganò, 2014) and the United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat, 2016), the Ge-Lab worked on the green aspects of the redevelopment of the open spaces of the disused Vittorio Emanuele Hospital Complex in the Antico Corso district of Catania. The Hospital Complex, adjacent to the former Benedictine Monastery of San Nicolò La Rena, redeveloped by the architect Giancarlo de Carlo and Unesco Heritage, extends over the area of the ancient Flora Benedectina. It will be reconfigured to become the third green lung of the historic city center.

The area is subject to urban restructuring with the demolition of some particularly degraded hospital pavilions to expand the currently existing garden and create an urban park. The research is aimed at the enhancement of biodiversity and the recovery of the sense of memory of the places. After a careful analysis of the area (Amico e Statella, 1760; Calvagna et al., 2008; Dato, 1983; Hittorff & Ludwig, 1835; Leanti, 1761; Pagnano, 1984) which, in addition to hosting the Ex Flora Benedectina, is strongly characterized by the permanence of the historic walls of Charles V that surrounded the city of Catania and by the persistence of the 1669 lava flow still resurfacing, it was decided to work on issues such as those of the contemporary project that aims to enhance the historicity and nature-based solutions that, through a careful choice of plant species introduced, favor biodiversity in the urban environment.

The application condition of the laboratory experience was that of Southern Italy characterized by a Mediterranean climate. We tried to follow a model of approach to the project that in its multidisciplinary component can be replicated in other highly historicized urban contexts. Among the criticalities found there was the difficulty of communicating with public

bodies and stakeholders. The methodology, verified on small urban portions, should also be tested at the urban level with the creation of ecological corridors connecting public parks and gardens and at the territorial level.

Acknowledgements

The author thanks Rosario Mauro, Horticulture and floriculture researcher, Di3A Lecturer of the module Restoration of degreded areas to green, Di3A, and University of Catania.

References

Amico e Statella, V. M. (1760). *Lexicon Topographicum Siculum*. Aetneorum Academiae Typographio.

Biennnale Spazio Pubblico. (2013). *Carta dello Spazio Pubblico*. Istituto Nazionale di Urbanistica. http://www.biennalespaziopubblico.it/wp-content/uploads/2016/12/CARTA_SPAZIO_PUBBLICO.pdf

Calvagna, S., Leonardi, M. G., Milone, V., Atripaldi, A. M., & Costa, M. E. (2008). *Catania. Architettura, città, paesaggio*. Mancosu.

Dato, G. (1983). *La città di Catania: forma e struttura, 1693-1833*. Officina

EU Technical Expert Group on Sustainable Finance. (2020). *Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance*. https://finance.ec.europa.eu/system/files/2020-03/200309-sustainable-finance-teg-final-report-taxonomy_en.pdf

European Commission. (2019). *The European Green Deal* (Document 52019DC0640 - Communication from the Commission). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN

Governo Italiano, Presidenza del Consiglio dei Ministri. (2021). *PNRR: rivoluzione verde e transizione ecologica*. Governo Italiano. https://www.governo.it/it/approfondimento/rivoluzione-verde-e-transizione-ecologica/16703

Hittorff, J. I., & Ludwig, Z. (1835). *Architecture moderne de la Sicile: ou Recueil des plus beaux monuments religieux, et des édifices publics et particuliers les plus remarquables de la Sicile*. P. Renouard.

Leanti, A. (1761). *Lo stato presente della Sicilia, o sia breve, e distinta descrizione di essa del SIG*. F. Valenza.

Pagnano, G. (1984). "Flora Benedictina Catanensis". In *Il giardino come labirinto della storia – Convegno internazionale Palermo 14-17 aprile 1984 – Raccolta degli atti*. Centro Studi di Storia e Arte dei Giardini, Palermo.

United Nations. (n.d.). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf

United Nations Human Settlements Programme. (2016). *World Cities Report 2016: Urbanization and Development - Emerging Futures*. https://unhabitat.org/world-cities-report-2016

Viganò, P. (2014). Politiche per lo spazio pubblico. In *VIII Giornata di Studi INU "Una politica per le città italiane"*. Istituto Nazionale di Urbanistica. https://inu.it/sessione-4-politiche-per-lo-spazio-pubblico/

---

* e-mail: mariagrazia.leonardi@unict.it

Evaluacion de la resistencia y la ecoeficiencia de hormigones modificados con ceniza de cáscara de huevo

Jair Alberto Correa Verdeza, Juan José Ochoa Valbuena, Jhon Jairo Vallejo Botero, Óscar Felipe Arbeláez Pérez*

Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Medellín

La producción de cemento genera elevadas emisiones de CO_2, 0.8 toneladas de CO_2 por tonelada de cemento (Alsalman *et al.*, 2021). La incorporación de residuos agrícolas de naturaleza puzolánica en la producción de hormigón ha generado interés por razones ambientales y económicas. Uno de esos residuos es la cáscara de huevo, la cual representa el 10% del peso total. En 2020 se produjeron 86.7×10^6 millones de toneladas de huevo, generando enormes cantidades de residuos que fueron a los vertederos, causando problemas ambientales y de salud (Sathiparan, 2021). Distintos autores reportaron que la sustitución del cemento por ceniza de cáscara de huevo mejora la resistencia a compresión y a flexión del hormigón (Chong *et al.*, 2020); sin embargo, no se han reportado estudios de su impacto ambiental. Dadas las elevadas emisiones de CO_2 de la industria del cemento, la elevada producción de cáscara de huevo y su efecto positivo en las propiedades del hormigón, el objetivo de este estudio es evaluar las propiedades mecánicas y ambientales de hormigones preparados con ceniza de cáscara de huevo como

sustituto del cemento. La caracterización de los precursores se realizó por análisis granulométrico, masa unitaria, densidad, absorción y humedad. La cáscara de huevo se calcinó 3 horas a 900 °C en una mufla, se trituró, se tamizó en la misma serie de tamices del cemento y se caracterizó por fluorescencia. Se diseñaron y prepararon mezclas de hormigón tradicional M0 y con reemplazo del 10% de cemento por ceniza de cáscara de huevo combinada M1, roja M2 y blanca M3. Se evaluó la densidad y la resistencia a compresión usando un equipo Pilot. Se estimó la ecoeficiencia (emisiones de CO_2 [kg CO_2]/ resistencia a compresión [MPa]). Las emisiones de CO_2 se calcularon como el producto entre la cantidad de material y su factor de emisión FI (kg CO_2/kg material) (Adesina, 2020). Las emisiones de la ceniza incluyeron el tiempo de operación, la potencia (3 200 W) y el FI de la energía eléctrica (0.165 kg CO_2/kwh). La Tabla 1 muestra las cantidades de material y la densidad.

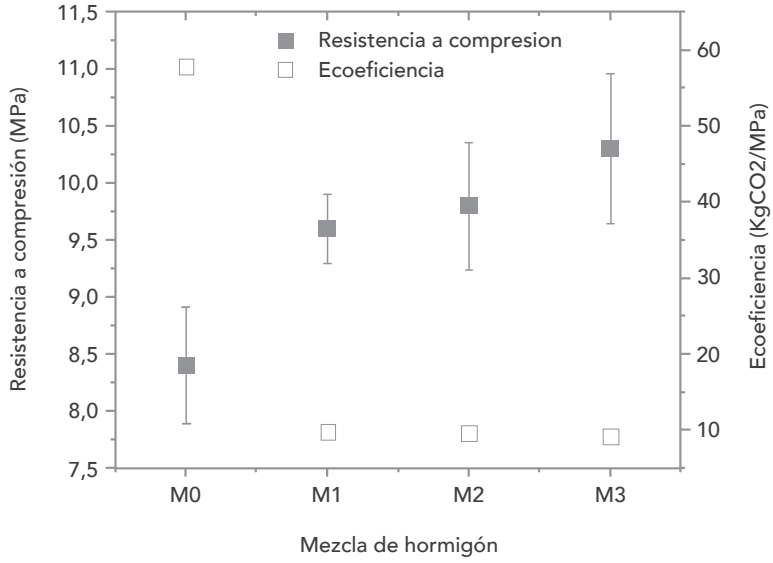
Tabla 1. Cantidades de material y densidad de las mezclas de hormigón

Mezcla	Ag. gruesos*	Ag. finos*	Cemento*	Ceniza*	Agua*	Densidad (kg/m3)
M0	999	666	450	0	230	2 843±43
M1	999	666	405	45	230	2 372±32
M2	999	666	405	45	230	2 415±30
M3	999	666	405	45	230	2 400±24

* Kilogramos de material para preparar 1 m^3 de hormigón. Las mezclas se diseñaron de acuerdo con la ACI 211.1, con una relación agua cemento de 0.51, 10 cm de asentamiento y 21 MPa de resistencia.

La ceniza modificó la densidad del hormigón y, aunque no presentó una tendencia definida, se encontró una disminución promedio del 15%, asociada con la menor densidad de la ceniza de cáscara combinada (2 920 kg/m^3), roja (2 840 kg/m^3) o blanca (3 044 kg/m^3), con respecto a la del cemento (3 050 kg/m^3). La Figura 1 presenta la resistencia a compresión y la ecoeficiencia a los siete días de curado.

Figura 1. Resistencia a compresión y ecoeficiencia de hormigones preparados



La ceniza mejoró la resistencia, en línea con los reportes de la literatura (Ali Said Al Abri *et al.*, 2022). La resistencia depende del tipo de cáscara, con aumentos del 14.3%, 16.7% y 22.6% para la ceniza de cáscara combinada, roja y blanca, respectivamente. Tal incremento se relacionó con el

contenido de CaO (no mostrado) presente en las cenizas. Se encontró una reducción del 84% en las emisiones de CO_2 al utilizar ceniza, como resultado de la dilución del cemento, principal fuente de CO_2. De los resultados, se concluye que la ceniza de cáscara de huevo mejora las propiedades mecánicas del hormigón y reduce las emisiones de CO_2, apuntando al desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto INV3167 por el apoyo financiero para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

Adesina, A. (2020). Recent advances in the concrete industry to reduce its carbon dioxide emissions. *Environmental Challenges*, *1*. https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100004

Ali Said Al Abri, S., Rahul Rollakanti, C., Kumar Poloju, K. y Joe, A. (2022). Experimental Study on Mechanical Properties of Concrete by partial replacement of Cement with Eggshell Powder for Sustainable Construction. *Materials Today: Proceedings*, *65*(2), 1660-1665. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.708

Alsalman, A., Assi, L. N., Kareem, R. S., Carter, K. y Ziehl, P. (2021). Energy and CO_2 emission assessments of alkali-activated concrete and Ordinary Portland Cement concrete: A comparative analysis of different grades of concrete. *Cleaner Environmental Systems*, *3*. https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100047

Chong, B. W., Othman, R., Ramadhansyah, P. J., Doh, S. I. y Li, X. (2020). Properties of concrete with eggshell powder: A review. *Physics and Chemistry of the Earth*, *120*. https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102951

Sathiparan, N. (2021). Utilization prospects of eggshell powder in sustainable construction material – A review. *Construction and Building Materials*, *293*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123465

---

* e-mail: oscar.arbelaez@campusucc.edu.co

Percepción comunitaria del turismo sostenible en bahía de Kino, Sonora

David Slim Zepeda Quintana, Claudia Jayné Falcón-Pérez*

Universidad de Sonora

El turismo se ha consolidado como una actividad económica de gran fortaleza (Organización Mundial del Turismo [OMT], 2019), pero su crecimiento ha estado condicionado por un modelo muy agresivo con el entorno natural en el que se desenvuelve, trayendo consigo impactos negativos considerables para las comunidades anfitrionas (Rivas, 2009). Con ello surge la necesidad de un cambio de paradigma que aboga por la integración completa del concepto de sustentabilidad, a través de la inclusión de aspectos sociales, económicos y ambientales en sus estrategias de desarrollo (Alonso y Celemín, 2016). Dado que las comunidades anfitrionas condicionan el dinamismo de la actividad turística a partir de las relaciones que establecen con los visitantes foráneos (Angessa *et al.*, 2022), la percepción de los residentes locales se ha concebido como una herramienta vital para impulsar el sector, partiendo de la apreciación sobre el turismo y sus efectos en la calidad y el estilo de vida de la comunidad (Almeida-García *et al.*, 2016). El objetivo de la investigación es contribuir al desarrollo sostenible de la localidad de Bahía de Kino, tomando como actividad estratégica el turismo y la percepción comunitaria sobre el impacto de esta actividad. Se propone el uso de un estudio de tipo mixto, con una metodología basada en el *Manual de Turismo Sostenible* de la Diputación de Valencia (López *et al.*, 2005). Se identificarán las

principales características de la oferta turística de la localidad y los diferentes actores comunitarios que intervienen, lo que permitirá conformar una muestra representativa del personal con un rol destacado. A este grupo de pobladores se le aplicará una encuesta estructurada en cuatro secciones (información general y percepciones en las esferas económica, social y ambiental), cuyas preguntas se elaborarán a partir de la selección de información de los *Indicadores de desarrollo sostenible para los destinos turísticos* (OMT, 2005). Los resultados parciales apuntan a que pueden existir percepciones variadas dependiendo de la dimensión analizada. Pueden ser favorables desde el punto de vista económico, derivadas de los beneficios financieros percibidos, los empleos generados y el fomento de actividades locales como comercios y artesanías (Cardona, 2012), pero también puede haber actitudes negativas en las dimensiones social y ambiental, derivadas de fenómenos percibidos, como la explotación de los recursos comunitarios, la contaminación del medio natural, la privatización de espacios públicos exclusivos para turistas, los altos volúmenes de residuos sólidos y la sobrecarga de servicios básicos (Zielinski y Botero, 2011). Partiendo de las percepciones, se propondrá un Plan de Turismo Local Sostenible con estrategias para impulsar el desarrollo del sector turístico. Se considera un estudio de vital importancia para la comunidad, que permitirá que el turismo sea percibido como una actividad beneficiosa y puedan aprovecharse con mayor eficiencia sus bondades, manteniendo una armonía entre las esferas económica, social y ambiental. Todo ello contribuye con el logro de los ODS 8, 10, 11, 12, 14 y 15 para la comunidad de Bahía de Kino y, de manera directa, con la meta 8.9, que plantea, "de aquí a 2030, elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales" (Naciones Unidas, s.f.).

Figura 1. Diseño de la investigación

Referencias

Almeida-García, F., Peláez-Fernández, M. A., Balbuena-Vázquez, A. y Cortés-Macias, R. (2016). Residents' perceptions of tourism development in Benalmádena (Spain). *Tourism Management*, *54*, 259-274. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.11.007

Alonso-Almeida, M. M. y Celemín-Pedroche, M. S. (2016). Competitividad y destinos turísticos sostenibles. *ESIC Market*, *47*(154), 291-306. https://doi.org/10.7200/esicm.153.0472.3e

Angessa, A. T., Lemma, B., Yeshitela, K. y Endrias, M. (2022). Community perceptions towards the impacts of ecotourism development in the central highlands of Ethiopia: the case of Lake Wanchi and its adjacent landscapes. *Heliyon*, *8*(2). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08924

Cardona, J. R. (2012). *Actitudes de los residentes hacia el turismo en destinos turísticos consolidados: El caso de Ibiza* [Tesis de doctorado, Universitat de les Illes Balears]. http://hdl.handle.net/10803/104266

López, A., Martín, B., Negredo, A. y Poyatos, M. (2005). *Manual de Turismo Sostenible*. Diputación de Valencia. https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0513920.pdf

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/

Organización Mundial del Turismo. (2005). *Indicadores de desarrollo sostenible para los destinos turísticos. Guía práctica*. https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/MGTS14/MGTSV-07/tema2/INDICADORES_OMT.pdf

Organización Mundial del Turismo. (2019). *Panorama del turismo internacional, edición 2019*. https://doi.org/10.18111/9789284421237

Rivas, J. I. (2009). Turismo sostenible o insostenible, esa es la cuestión: indicadores *proxy* para una planificación turística ambientalmente responsable. *Clm.economía: Revista económica de Castilla - La Mancha*, (15), 375-418.

Zielinski, S. y Botero Saltaren, C. M. (2011). Percepción de la comunidad como indicador del ciclo de vida de un destino: Hacia el desarrollo de un sistema de alerta temprana para pequeños destinos. *Estudios y perspectivas en turismo*, *20*(6), 1366-1388.

---

* e-mail: cjfalcon1993@gmail.com

Construcción de un biorreactor semiautomatizado para compostaje en los hogares

Katherine Estrada Vargas, Laura Osorno Bedoya y Juan David Correa Estrada*

I.U. Colegio Mayor de Antioquia, Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales (SICA)

Según han mostrado estudios recientes, la generación de residuos sólidos domiciliarios por persona de la región [América Latina y el Caribe] está en torno a 1 kilogramo por día, cifra menor a las de los países desarrollados pero mayor que el promedio mundial. Sin embargo, las tasas de reciclaje en los países de la región son muy bajas y centradas en pocos productos (papel y cartón, chatarra, algunos plásticos y vidrio). Además, existe un déficit de infraestructura para la gestión de residuos [especialmente los de origen orgánico]. Lo anterior sugiere que existe un espacio de oportunidad para promover una menor generación de residuos y un mayor reciclaje, que potenciaría el desarrollo de actividades relacionadas con la economía circular sobre la base de cadenas productivas locales. (de Miguel *et al.*, 2021. p. 7)

El objetivo del presente trabajo fue optimizar los procesos biológicos de pequeñas masas de compostaje por medio de IoT, generando una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en los hogares, lo cual aporta a la generación de desarrollo tecnológico y contribuye a reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades,

así como a la calidad del aire y a la gestión de los desechos municipales, como lo indica el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

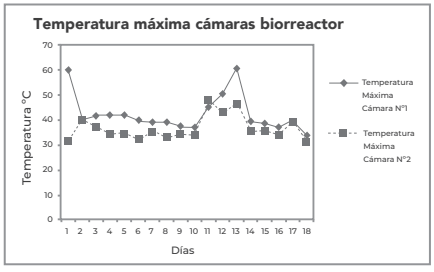
Este trabajo expone la construcción experimental de un biorreactor semiautomatizado para compostaje de residuos orgánicos residenciales, compuesto de dos recipientes metálicos cilíndricos de acero inoxidable de 20 L (cámaras) y una capacidad total de 22 kg/mes, los cuales son traspasados por un eje central (tubo de acero de 1 pulgada), montado sobre una chumacera de pedestal, y movidos de manera mecánica por un servomotor con polea de 1 pulgada (Alkoaik, 2019). Las cámaras poseen sensores digitales para la medición de temperatura (DS18B2) y se empleó una tarjeta de desarrollo ESP32, programada con software libre Arduino IDLE para el control digital. Los datos de la temperatura y el estado del biorreactor fueron enviados por wifi a un servidor IoT (ThingSpeak).

Para el sistema de control, se utilizó la temperatura como variable de entrada, permitiendo la activación de la rotación, la cual genera aireación del sustrato. Para ello se programó una rotación de 180°, con una velocidad de 3 rpm, permitiendo que las cámaras giren 3 veces en un sentido y otras 3 en el sentido contrario (Ogata, 2010). Esto se acompañó de una configuración de "estado de compost" que le indica al sistema cada cuánto tiempo rotar según su fase. Esta estrategia de control se aplicó en un experimento de compostaje de 19 días.

El contenido de humedad inicial se llevó hasta el 70% del peso húmedo. Este control se realizó de manera manual por medio de la prueba de puño (Román *et al.*, 2013). Dicho dispositivo tuvo la capacidad de transformar los residuos orgánicos en

compost, sin generar olores ofensivos o lixiviados, evitando la presencia de vectores y alcanzando las temperaturas de higienización sugeridas, las cuales oscilan entre los 60° C y los 65 °C (Sepúlveda y Alvarado, 2013).

Figura 1. a) Comportamiento de la temperatura alcanzada en ambas cámaras del biorreactor. b) Prototipo funcional



a)

b)

Agradecimientos

Al laboratorio de fabricación digital y diseño paramétrico FABLAB del Colegio Mayor de Antioquia, por sus aportes al prototipo, y al Semillero de Investigaciones en Ciencias Ambientales (SICA).

Referencias

Alkoaik, F. N. (2019). Integrating aeration and rotation processes to accelerate composting of agricultural residues. *PLoS ONE*, *14*(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220343

de Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M. y Kohout, M. (2021). Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora. *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/120). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). http://iila-economia-circolare-citta-verdi.it/wp-content/uploads/2022/02/S2100423_es.pdf

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (5ª ed., Trad. S. Dormido Canto y R. Dormido Canto). Pearson Educación.

Román, P., Martínez, M. M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor: Experiencias en América Latina*. FAO. https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf

Sepúlveda Villada, L. A. y Alvarado Torres, J. A. (2013). *Manual de compostaje. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá*. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. https://docplayer.es/68763867-Manual-de-compostaje.html

* e-mail: katherinestrada19@gmail.com

Análisis de la implementación de la política de gestión del riesgo de desastres a partir de los instrumentos de planificación y planeación del desarrollo de los departamentos del territorio nacional

Yineth Arinda Cumplido Botello[1*], Luis Fernando Gómez[2], Laura Marcela Trujillo-Vargas[3]

[1] Estudiante Facultad de Ingeniería, Área Ambiental, Tecnológico de Antioquia I.U., [2] Docente Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia I.U., [3] Docente Facultad de Ingeniería, Área Ambiental, Tecnológico de Antioquia I.U.

Colombia, con la entrada en vigor de la Ley 1523 de 2012 y alineada con el ODS 11– (Ciudades y comunidades sostenibles), ha desarrollado una visión integral de la gestión del riesgo de desastres en el país, con el objeto principal de conformar comunidades menos vulnerables y más resilientes ante el riesgo (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD], 2020). En este sentido, el país ha sumado todos sus esfuerzos, enfrentándose al reto de implementar en todas las regiones los procesos de la gestión del riesgo de desastres, que son: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, entendiendo que este

conjunto de acciones involucra a todas las autoridades y a los habitantes del territorio colombiano (UNGRD, 2015; 2019). Se ha encontrado que las personas encargadas de la implementación de la ley en los territorios aún continúan con las dinámicas del Decreto 919 de 1989, donde se centran los esfuerzos de los territorios en la atención de los desastres, desconociendo la importancia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

Para el desarrollo de este trabajo, se tomó como punto de partida el diagnóstico inicial departamental que se realizó en la UNGRD, donde se evaluaba la integración de la gestión del riesgo de desastres en los planes de desarrollo departamentales respecto a la implementación de la Ley 1523 en sus artículos 32 y 37, con el fin de reconocer las diversas dinámicas territoriales y la capacidad institucional, ya que, de esta manera, se obtiene un panorama para lograr alinear los objetivos y estrategias del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD) y el diagnóstico de los Planes Departamentales de la Gestión del Riesgo de Desastres (PDGRD), como se enseña en la Figura 1 (UNGRD, s.f.).

De forma general, la UNGRD menciona que en los planes de desarrollo no se evidencia un trabajo específico en términos de disminución de las amenazas en el territorio, de la afectación que este sufre en la producción agrícola y de los métodos de intervención en estos. Por ende, se requiere de una articulación en términos de protección financiera e intervenciones correctivas y prospectivas para este sector.

También se observa el éxito de la implementación en los 32 departamentos de los componentes "diagnóstico", "estratégico" y "transversalización de la gestión del riesgo". De esta manera, se realza la importancia del compromiso adquirido por los gobernadores y coordinadores

departamentales en la implementación, en aras de mejorar las condiciones de las comunidades y, de esta manera, convertirlas en municipios y departamentos resilientes tanto en gestión del riesgo como financieramente.

Figura 1. Metodología integración de la gestión del riesgo de desastres en los Planes de Desarrollo Departamentales

Fuente: Adaptada de UNGRD, 2020.

Referencias

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2015). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/PNGRD-2015-2025-Version-Preliminar.pdf

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2019). *Decálogo de capacidades mínimas departamentales en gestión integral del riesgo de desastres - GIRD y adaptación frente al cambio climático - ACC*. http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/marcoestrategico/Documents/Capacidades-Departamentales.pdf

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2020). *Guía para la Integración de la Gestión del Riesgo de Desastres en los Planes de Desarrollo Territorial 2020-2023*. https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/28765

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (s.f.). *Diagnóstico Planes Departamentales de Gestión del Riesgo*. http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Diagnostico-PDGRD.aspx

---

* e-mail: yinicumplido@gmail.com

Diagnóstico del impacto de la disminución del uso del mercurio en la extracción de oro en el municipio de Remedios, Antioquia

Cristian Camilo Pérez Sepúlveda[1*], Laura Marcela Trujillo Vargas [2], Andrés Felipe Montoya Rendón[3]

[1] Estudiante Facultad de Ingeniería, Área Ambiental, Tecnológico de Antioquia I.U., [2] Docente, Facultad de Ingeniería, Área ambiental, Tecnológico de Antioquia I.U., [3] Docente Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia I.U.

El nordeste Antioqueño está conformado por 10 municipios y se ha destacado a nivel local y nacional como polo de la explotación aurífera. El municipio de Remedios hace parte de esta subregión y los pobladores desarrollan la minería artesanal aurífera, ejecutándola, en muchos casos, de forma irregular, haciendo uso del mercurio para lograr separar el metal precioso de los sedimentos. Lo peligroso de esta práctica radica en la liberación de este metal pesado al medio ambiente, generando consecuencias sobre los recursos naturales renovables y afectaciones a la salud humana, como la alteración de los sistemas nervioso, inmunológico y respiratorio, entre otras. Ante esta problemática, se da inicio al presente trabajo para diagnosticar el impacto actual en el uso del mercurio en el beneficio del oro, a través del desarrollo de una metodología cualitativa, tomando como caso de estudio el municipio en cuestión, llevando a cabo una fase exploratoria

centrada en la búsqueda de información documental en estudios, informes y evaluaciones de la industria minera legalmente constituida presente en la zona, del sector salud y de investigaciones económicas de orden nacional, estatal o municipal, así como información estadística del DANE y del Ministerio de Minas y Energía de Colombia. En la segunda fase se hizo un trabajo de campo de tipo exploratorio, donde se procedió a desarrollar una encuesta cualitativa que permitió evidenciar la ejecución de la actividad minera y su impacto económico, ambiental y de salud en los mineros del municipio de Remedios (Antioquia). La tercera fase de esta investigación consistió en dar respuesta al siguiente interrogante: ¿Existe una disminución del uso del mercurio en la extracción de oro en el municipio de Remedios?, indicando que, de acuerdo con los resultados obtenidos en las diferentes fases, no se evidencia disminución en el uso de mercurio en la minería aurífera que se desarrolla en la localidad; se encontró que los barequeros y las compraventas de oro del municipio de Remedios siguen haciendo uso del material de forma indiscriminada, a pesar de los controles que ha implementado el Estado en relación con la comercialización y utilización de este metal pesado. De esta revisión se pudo concluir que, hasta la fecha, la situación es cada día más difícil, en cuanto a que los recursos naturales están resultando altamente contaminados, sumado esto al problema de salud pública, ya que cada día son más los adultos, jóvenes y lactantes que están resultando gravemente afectados por los efectos nocivos que genera el mercurio. En encuestas preliminares realizadas a la población barequera, se encontró que el 65.38% no emplea mercurio en los procesos de obtención del oro y el 34.62% manifiesta que aún lo involucra en el proceso, con el propósito de obtener un rendimiento apropiado en la extracción. Si bien conocen parcialmente los efectos del producto, los aspectos económicos priman en la decisión sobre su uso.

Bibliografía

Ministerio de Minas y Energía y Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2020). *Colombia: Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota 2019*. https://www.unodc.org/documents/colombia/2020/Octubre/Informe_EVOA_2019_ESP_B.pdf

Molina, C. F., Arango, C. M. y Sepúlveda H. (2018). Contaminación por mercurio de leche materna de madres lactantes de municipios de Antioquia con explotación minera de oro. *Biomédica*, *38*(Sup.1), 19-29. https://doi.org/10.7705/biomedica.v38i0.3609

World Gold Council. (2022). *Lecciones aprendidas sobre cómo gestionar la interacción entre la minería a gran escala y la minería artesanal y de pequeña escala de oro*. https://www.gold.org/download/file/17064/ASGM-Report-2022-Spanish.pdf

---

* e-mail: criscamilops@gmail.com

Análisis de las pérdidas de materiales y energía en un proceso de reciclaje de poliestireno expandido a nivel industrial con un enfoque de economía circular

Eliana Berrío-Mesa*, Alba N. Ardila-Arias, Erasmo Arriola-Villaseñor, Santiago A. Bedoya-Betancur

Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

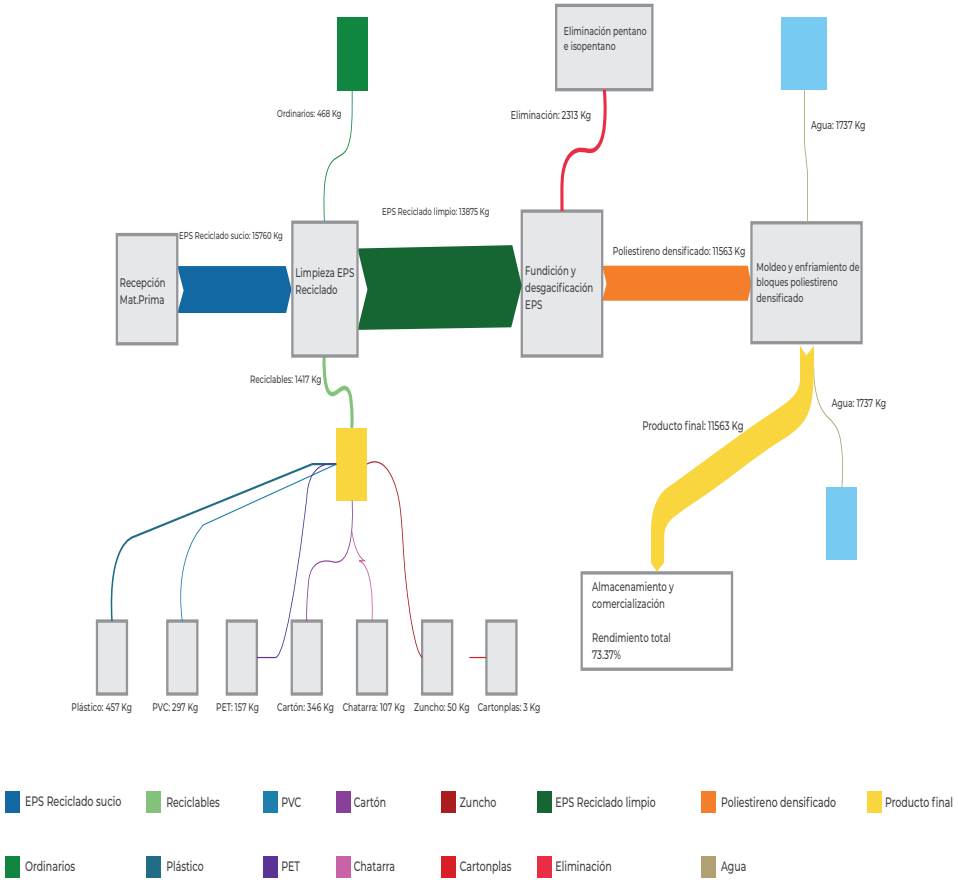
La aplicación de la economía circular como sistema económico en el reciclaje de residuos se ha convertido en una alternativa importante para la valorización de los mismos, así como de mitigación de problemáticas ambientales asociadas a la disminución de recursos naturales, como la degradación de la tierra, la expansión de la desertificación, la deforestación, el agotamiento del agua, la contaminación del aire, la pérdida de la biodiversidad y la generación de desechos (Heshmati, 2018). La generación de residuos plásticos no ha sido ajena a esta situación, como es el caso del poliestireno expandido (EPS), un plástico de uso masivo cuya incorporación a una forma de economía circular para extender su vida útil ha sido estudiada (Hidalgo-Crespo *et al.*, 2020; Hidalgo-Crespo, Moreira *et al.*, 2022), además del análisis de ciclo de vida (ACV) de dichos productos (Hidalgo-Crespo, Soto *et al.*, 2022). El ACV como metodología para la evaluación de la

calidad ambiental de un producto como, por ejemplo, los generados a través de EPS reciclado, es, actualmente, una de las mejores formas de analizar los aspectos e impactos ambientales del ciclo de vida de un producto (Aranda y Zabalza, 2010), cuyas etapas se fundamentan en la definición de los objetivos y alcance del ACV, un análisis de inventario donde se cuantifican las entradas y salidas del sistema en términos de flujos energéticos y de materiales y se determinan las pérdidas (Arguillarena *et al.*, 2021), luego se evalúan los impactos ambientales del ciclo de vida, de acuerdo con variables medioambientales, y, finalmente, se interpretan los resultados de forma holística para concluir y proponer posibles escenarios que contribuyan a disminuir las pérdidas energéticas y de materiales y los impactos ambientales. Este contexto se encuentra completamente enmarcado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), principalmente en el objetivo 12, que busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

En el presente trabajo se tuvo como propósito determinar las pérdidas de materiales y energía en un proceso implementado a nivel industrial, orientado al reciclaje del poliestireno expandido, de una empresa ubicada en la ciudad de Medellín, bajo un enfoque de economía circular. Para esto se establecieron los límites de la producción puerta a puerta. Además, el balance de masa y energía se realizó teniendo en cuenta algunas consideraciones propias del funcionamiento de la empresa y sus costos asociados durante un periodo de 12 meses, los cuales se analizaron con base en un diagrama de Sankey. De acuerdo con el balance de masa realizado, se obtuvo un porcentaje de rendimiento de 73.37% en la producción de poliestireno densificado a partir de poliestireno expandido reciclado; así mismo, se determinaron pérdidas asociadas al agua utilizada en el proceso de enfriamiento

del producto final y a los residuos ordinarios generados en el proceso de limpieza de la materia prima (EPS reciclado). Con respecto al flujo de energía en todo el sistema, se encontró un requerimiento energético total de 7 968.89 kWh, del que el 47.32% corresponde a las salidas energéticas y el 52.68% a pérdidas energéticas, estas últimas relacionada, principalmente, al proceso de fundición y desgasificación del EPS, en el cual se dan pérdidas térmicas de hasta el 96%.

Figura 1. Diagrama de Sankey - flujo de materiales



Agradecimientos

Los autores agradecen al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cavidad por la financiación del presente proyecto de investigación.

Referencias

Aranda Usón, A. y Zabalza Bribián, I. (2010). *Ecodiseño y análisis de ciclo de vida*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Arguillarena, A., Margallo, M., Urtiaga, A. y Irabien, A. (2021). Life-cycle assessment as a tool to evaluate the environmental impact of hot-dip galvanisation. *Journal of Cleaner Production*, *290*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125676

Heshmati, A. (2018). A review of the circular economy and its implementation. *International Journal of Green Economics*, *11*(3-4), 251-288. https://doi.org/10.1504/IJGE.2017.089856

Hidalgo-Crespo, J., Jervis, F. X., Moreira, C. M., Soto, M. y Amaya, J. L. (2020). Introduction of the circular economy to expanded polystyrene household waste: A case study from an Ecuadorian plastic manufacturer. *Procedia CIRP*, *90*, 49-54. https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.089

Hidalgo-Crespo, J., Moreira, C. M., Jervis, F. X., Soto, M., Amaya, J. L. y Banguera, L. (2022). Circular economy of expanded polystyrene container production: Environmental benefits of household waste recycling considering renewable energies. *Energy Reports*, *8*(Sup.3), 306-311. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.071

Hidalgo-Crespo, J., Soto, M., Amaya-Rivas, J. L. y Santos-Méndez, M. (2022). Carbon and water footprint for the recycling process of expanded polystyrene (EPS) post-consumer waste. *Procedia CIRP*, *105*, 452-457. https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.075

---

* e-mail: eliana_berrio27121@elpoli.edu.co

ODS 12. Producción y consumo responsables

Formulación de un plan de educación para el desarrollo sostenible basado en el enfoque de los servicios ecosistémicos que aporte en los propósitos de conservación in situ del Parque Natural Regional Serranía de las Quinchas (PNRSQ)

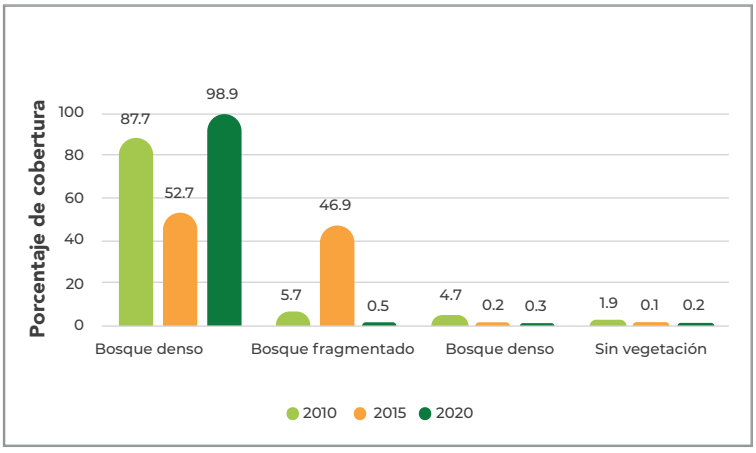
Ana María Basto Pulido*, Yuddy Alejandra Castro Ortegon**, Zeidy Juliette Rivera Perilla***, Natalia Melissa Vega Piracón****

Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia. Semillero Retos y Transformaciones para el Territorio, Grupo de Investigación GICAN

El Parque Natural Regional Serranía de las Quinchas (PNRSQ), ubicado entre los municipios de Puerto Boyacá y Otanche, en Boyacá, se caracteriza por ser uno de los lugares de mayor riqueza biológica de Colombia (Boyapaz *et al.*, s.f.), además de ser un área estratégica para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad. El objetivo de esta investigación es formular un plan de educación para el desarrollo sostenible basado en el enfoque de los servicios ecosistémicos, que aporte a los propósitos de conservación *in situ* del PNRSQ y, consecuentemente, a las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente a los objetivos de educación de calidad, producción y consumo responsables y vida de ecosistemas terrestres. Se establece una investigación con alcance

descriptivo y enfoque mixto, desde el uso de instrumentos de tipo cualitativo y cuantitativo. Inicialmente se desarrolló una caracterización económica, ambiental y social de la zona de amortiguación del área protegida, desde revisión bibliográfica secundaria de documentos de ordenación territorial de la región, como plan de manejo ambiental, esquema de ordenamiento territorial y plan de manejo de cuencas hídricas cercanas, contrastando con información cuantitativa obtenida por medio de sistemas de información geográfica (SIG), con ayuda de la herramienta ArcGIS, determinando los cambios en las coberturas vegetales para 3 años con intervalos de tiempo de 5 años entre cada uno, 2010-2015-2020, estableciendo la incidencia de la implementación del plan de manejo ambiental sobre la oferta de servicios ecosistémicos en el territorio (Corpoboyacá, 2017). Finalmente, al tener los porcentajes de cambio en las coberturas vegetales, se tomó, como estrategia mediadora para aportar a la sostenibilidad del territorio desde la educación, una cartilla que servirá como instrumento para dar a conocer los recursos del territorio y las propuestas de desarrollo sostenible que podrían promover la economía desde la diversificación de la oferta de bienes y servicios en torno al cultivo de cacao, por medio de actividades que permitan a las personas apropiarse de su patrimonio y favorecer la sostenibilidad en el área protegida, promoviendo un equilibrio a nivel social, ambiental y económico.

Figura 1. Porcentaje de cambios en las coberturas vegetales para los años evaluados



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Referencias

Boyapaz, Ecología, Economía y Ética y Redprodepaz. (s.f.). *Plan de Ambiente, Desarrollo y Paz de la Serranía de Las Quinchas en Otanche Boyacá*. Ecología, Economía y Paz, Boyapaz y Gobernación de Boyacá. https://e3asesorias.com/wp-content/uploads/2019/04/Plan-de-ambiente-Paz-y-Desarrollo-Las-Quinchas-Boyacá-Versión-2304.pdf

Corpoboyacá. (2017). *Implementación de estrategias para la conservación y la restauración de ecosistemas*. https://www.corpoboyaca.gov.co/proyectos/conservacion-restauracion-y-manejo-de-ecosistemas-y-biodiversidad/implementacion-de-estrategias-para-la-conservacion-y-la-restauracion-de-ecosistemas/

Bibliografía

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (s.f.). *Porque el Sistema Nacional de Áreas Protegidas es un sistema*. https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/porque-el-sistema-nacional-de-areas-protegidas-es-un-sistema/

Apéndice B. Plan de Educación para el Desarrollo Sostenible Basado en el Enfoque de los Servicios Ecosistémicos en el Parque Natural Regional Serranía Las Quinchas (PNRSQ) https://www.canva.com/design/DAFBdaKX-lI/cf_u0xyHrDMhr7YDmq447g/watch?utm_content=DAFBdaKX-lI&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=publishsharelink

---

* e-mail: ana.basto@usantoto.edu.co
** e-mail: yuddy.castro@usantoto.edu.co
*** e-mail: zeidy.rivera@usantoto.edu.co
**** e-mail: natalia.vega@usantoto.edu.co

Elementos de políticas públicas en colombia para la sostenibilidad del sector manufacturero del Valle de Aburrá y Sabana Centro

David González-Cuenca[1*], Patricia Rodríguez-Sánchez[2]

[1] Docente investigador del programa de Relaciones Internacionales y Estudios Políticos de la Facultad de Estudios a Distancia de la Universidad Militar Nueva Granada, [2] Docente investigadora del programa de Administración de Empresas de la Facultad de Estudios a Distancia de la Universidad Militar Nueva Granada

Esta ponencia es resultado del proyecto de investigación *Estrategias del sector manufacturero de las regiones Sabana Centro y Valle de Aburrá para una economía sostenible*, financiado por la Universidad Militar Nueva Granada y la Universidad EAFIT, y se ha establecido como objetivo central presentar las principales políticas públicas sostenibles existentes en Colombia relacionadas con el sector manufacturero en las regiones Sabana Centro y Valle de Aburrá.

La metodología aplicada tuvo enfoque cualitativo de tipo descriptivo, el cual consistió en recolectar información a partir de fuentes primarias, como políticas públicas e información oficial, donde se buscó una relación con elementos propios de economía circular, desarrollo productivo, producción y consumo sostenibles, gestión de residuos, promoción de

negocios verdes, simbiosis industrial y, en general, buenas prácticas de sostenibilidad ambiental, así como elementos relacionados con factores industriales y, en específico, del sector manufacturero.

Así pues, con la recolección y gestión de la información, junto con la configuración de un proceso de caracterización de políticas públicas, los investigadores han podido concluir que las políticas abordadas tienen factores relacionales entre sí; sin embargo, las políticas sostenibles en Colombia no presentan de manera clara un énfasis que pueda ser entendido por los entes territoriales o las industrias como factores que deban ser implementados en sus políticas o procesos. Los escenarios de producción energética, gestión turística y procesos agropecuarios regionales son los de mayor aparición a lo largo de la revisión realizada, dejando de lado el sector industrial manufacturero, al cual solo se le podría vincular en espacios reducidos y realizando ciertas ingerencias a la gestión de residuos, el reciclaje y uso y disposición del agua potable y aguas residuales.

Como punto final, puede mencionarse que los mayores énfasis encontrados en las políticas públicas abordadas están puestos en la prestación de servicios y no a la producción manufacturera. También se direcciona hacia la configuración de nuevos sectores productivos, como la generación de nuevas tecnologías y el aprovechamiento de recursos no renovables. Frente a las acciones directas que se evidenciaron para la industria, no se sobrepasa la responsabilidad social y ambiental empresarial, usualmente enfocada en la gestión de residuos sólidos.

Junto con lo anterior, puede indicarse que son pocas las propuestas y los incentivos que desde los hacedores de política se presentan para el impulso de procesos productivos más

sostenibles y queda en evidencia que las responsabilidades por cuenta de compromisos internacionales impulsan la transformación del modelo de desarrollo ya instaurado, ante lo cual las empresas deben movilizar recursos propios y ajustar sus procesos para poder estar a la altura de lo que las políticas proponen, determinando así que las ambiciones de las políticas, en la mayoría de los casos, exceden la realidad y las posibilidades de un sector que se encuentra en etapa de germinación y que debería representar un renglón principal en la agenda de políticas públicas sostenibles de Colombia.

Esta ponencia pretende aportar al ODS 12 (Producción y consumo responsables), en el criterio de sostenibilidad económica y su relación con los recursos naturales.

Tabla 1. Selección de principales políticas públicas sostenibles en Colombia

Política pública	Objetivo	Enfoque sostenible
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible	Orientar el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población	• Cambio de los patrones de producción y consumo • Regulación ambiental • Capacitación e investigación • Encadenamientos verdes • Negocios verdes • Gestión e integración de diferentes actores

Política pública	Objetivo	Enfoque sostenible
Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos	Implementar la gestión integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario, para contribuir al fomento de la economía circular, desarrollo sostenible, adaptación y mitigación al cambio climático	• Promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos • Evitar la generación de gases de efecto de invernadero. • Mejorar la cultura ciudadana, la educación e innovación
Política Nacional de Desarrollo Productivo	Desarrollar instrumentos que apunten a resolver fallas de mercado, de gobierno o de articulación a nivel de la unidad productora, de los factores de producción o del entorno competitivo, para aumentar la productividad y la diversificación del aparato productivo colombiano hacia bienes y servicios más sofisticados	• Aumentar la productividad; mejorar la innovación, la ciencia y tecnología • Fortalecer encadenamientos productivos
Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, Pacto por Colombia, pacto por la equidad, pacto por la sostenibilidad	Alcanzar la inclusión social y productiva, a través del emprendimiento y la legalidad	• Conservación del capital natural, y el uso responsable de los recursos • Proyectos de investigación sobre materiales de difícil aprovechamiento • Ecoetiquetado y sello ambiental

ODS 12. Producción y consumo responsables

Política pública	Objetivo	Enfoque sostenible
Estrategia Nacional de Economía Circular	Promover la transformación productiva para maximizar el valor agregado de los sistemas industriales y agropecuarios y las ciudades sostenibles en términos económicos, ambientales y sociales, a partir de la circularidad, innovación tecnológica, colaboración en nuevos modelos de negocio	• Nuevo modelo de desarrollo económico y cierre de ciclos de materiales (Marco Rs) • Simbiosis industrial • Ciudades sostenibles • Transformación productiva
Política Nacional de Crecimiento Verde	Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible de la riqueza natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima	• Crecimiento económico, productividad y competitividad • Investigación, desarrollo e innovación en bioeconomía, bio productos, negocios verdes y sostenibles

Fuente: Elaboración propia con base en Viceministerio de Ambiente (2011), Consejo Nacional de Política Económica y Social (2016; 2018), Departamento Nacional de Planeación (2019) y Gobierno de la República de Colombia (2019).

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Militar Nueva Granada y a la Universidad EAFIT por la financiación del proyecto INV-DIS-3446, al cual se suscribe este producto de investigación. También se quiere agradecer al profesor Juan Gregorio Arrieta Posada por su colaboración en el proyecto.

Referencias

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2016). *Documento CONPES 3866. Política nacional de desarrollo productivo*. Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3866.pdf

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2018). *Documento CONPES 3934. Política de Crecimiento Verde*. Departamento Nacional de Planeación. https://www.anla.gov.co/eureka/normatividad/politicas/2243-conpes-3934-de-2018-politica-de-crecimiento-verde

Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, pacto por la equidad"*. Gobierno de Colombia. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/BasesPND2018-2022n.pdf

Gobierno de la República de Colombia. (2019). *Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Presidencia de la República, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconÃ³mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

Viceministerio de Ambiente. (2011). *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible "Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva"*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://www.icesi.edu.co/blogs/pycs/files/2011/09/Política-de-PyCS-FINAL.pdf

---

* e-mail: david.gonzalez@unimilitar.edu.co

Plan de intervención empresarial sostenible de la finca cacaotera La Esperanza del municipio de Miraflores, Boyacá

Gina Katerin Reyes Garavito*, Juliana Valentina Suarez Alfonso, Laura Victoria Jiménez Córdoba, Eliana Fernanda Contreras Guerrero, Alejandra Castro Ortegón

Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

El desarrollo sostenible hace referencia a la capacidad que tiene la sociedad para satisfacer las necesidades de las personas de manera sostenible, buscando la protección del medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo social. Con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible, se plantean 17 objetivos, los cuales son ambiciosos: tienen el potencial de transformar sociedades y abordar las desigualdades sociales, los desafíos emergentes y los problemas estructurales como el cambio climático, el crecimiento económico sostenible y la capacidad productiva. Por medio de la intervención empresarial, se busca formular un plan de estrategias de desarrollo económico que aporten a la diversificación de la oferta de bienes y servicios en aras de la sostenibilidad de la finca cacaotera La Esperanza del municipio de Miraflores, en la vereda Ayala, departamento de Boyacá, mediante una metodología mixta que combina variables cuantitativas y cualitativas. Para ello se realizó primero el reconocimiento de las condiciones PESTEL del entorno, mediante revisión bibliográfica y ayuda de herramientas de sistemas de

información geográfica (SIG), para así poder observar el conflicto de uso del suelo y el cambio de cobertura vegetal que se presenta en la vereda. A continuación se identificaron las diferentes alternativas que permiten la diversificación económica del área de estudio, por medio de búsqueda bibliográfica y entrevistas realizadas en la finca.

Además se implementó un enfoque metodológico de marco lógico, el cual brinda la posibilidad de generar una orientación más profunda al proyecto y así alcanzar los objetivos planteados. En este marco se da a conocer, en secuencia, la estructura de análisis de las personas relevantes para la evaluar sus necesidades dentro del proyecto. Como resultado, se formuló la diversificación de bienes, como exfoliantes y empaques plásticos a partir de los residuos de la cáscara del cacao, y servicios en la finca, como el turismo sostenible, el cual será enfocado en el turismo rural con el fin de ofrecer la experiencia a los visitantes acerca de la vida como agricultor y el proceso de producción de cacao; además de turismo educativo, con el fin de que los estudiantes puedan conocer todo lo relacionado con la sostenibilidad de una finca cacaotera.

Por último se generó, de manera adecuada, un plan de intervención empresarial de la finca La Esperanza, conociendo las condiciones del entorno junto con sus oportunidades, con lo cual se espera lograr una mejora en la integración de los procesos productivos y el aprovechamiento de los residuos generados por el cacao, obteniendo resultados favorables gracias a la implementación de estrategias sostenibles para el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 12 (Producción y consumo responsables).

Bibliografía

Guirlanda, C. P., da Silva, G. G. y Takahashi, J. A. (2021). Cocoa honey: Agro-industrial waste or underutilized cocoa by-product?. *Future Foods*, *4*. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100061

Obeng, E. A., Obiri, B. D., Oduro, K. A., Pentsil, S., Anglaaere, L. C., Foli, E. G. y Ofori, D. A. (2020). Economic value of non-market ecosystem services derived from trees on cocoa farms. *Current Research in Environmental*, *2*. https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100019

Ortegón, E., Pacheco, J. F. y Prieto, A. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf

Pabón, M. G., Herrera-Roa, L. I. y Sepúlveda, W. S. (2016). Caracterización socio-económica y productiva del cultivo de cacao en el departamento de Santander (Colombia). *Revista Mexicana de Agronegocios*, *38*, 283-294.

Vargas Martínez, A. F., López Cifuentes, J. A. y Alvarado Gaona, A. E. (2021). Environmental sustainability and waste management in cocoa production systems in the southwest of Boyacá-Colombia. *Ciencia y Agricultura*, *18*(3), 47-62. https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12896

---

* e-mail: gina.reyes@usantoto.edu.co

Reportes integrados en el marco de los ODS

Lina Marcela Sánchez Vásquez*

Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria

Resumen

El estudio presenta la caracterización de las prácticas informativas relacionadas con la sostenibilidad para el caso de Colombia, en las organizaciones catalogadas como grupo 1 en el marco de las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) y que elaboran los reportes de sostenibilidad bajo el marco de referencia del Global Reporting Initiative, en la versión más reciente (GRI Standard).

Partiendo de una investigación empírico-analítica con un enfoque mixto, se revisó el discurso de los reportes de 11 organizaciones en Colombia, con el propósito de proponer un reporte integrado contable en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La investigación permite concluir que la forma más acertada de dar cobertura a la información sobre sostenibilidad es la complementación de información financiera con la no financiera. Solo por esta vía es posible que la organización dé cuenta de todos y cada uno de los 17 ODS.

Las categorías y elementos considerados en la construcción de la herramienta fueron los ODS, mostrados en la Figura 1.

Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: Naciones Unidas (s.f.)

Por otra parte, se indican los estándares de referencia que son objeto de análisis, para su asociación con cada uno de los ODS, los cuales corresponden a:

GRI 300 = Indicadores sobre ambiente de la iniciativa de reporte global

INF.FRA (NIIF) = Corresponde a la información financiera susceptible de ser incorporada en asociación con los hechos económicos

INF. NO FRA (Contable) = Cada una de las categorías de análisis que dan cuenta de hechos complementarios a la información financiera

Grupos de interés = Corresponden a las personas o grupos relacionados con la organización.

ODS 12. Producción y consumo responsables

De acuerdo con los informes y las declaraciones realizadas, las convenciones y grupos empleados para el análisis son los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Convenciones y grupos de interés

	Grupos de interés declarados						
Categoría	Colaboradores/Empleados	Socios/Accionistas	Clientes/Usuarios	Proveedores/Acreedores	Gobierno/Estado	Comunidad/Sociedad	Otro
Conversación							

T3C = Corresponde a la teoría tridimensional de la contabilidad, reconoce las relaciones desde la biocontabilidad (contabilidad para la vida).

Agradecimientos

A las organizaciones que participaron con su información en la investigación, a la comunidad académica contable y al Tecnológico de Antioquia y su grupo de investigación Observatorio Público.

Referencias

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Bibliografía

Gallego, A. F., Ríos, J. A., Rodríguez, D. F., Sánchez, L. M. y Vaca, A. (2020). *Luces y sombras en los informes contables sobre ambiente y cultura*. Ediciones UNAULA.

Rodríguez Jiménez, D. F., Sánchez Mayorga, X. y Sánchez Vásquez, L. M. (2020). *Estructura conceptual de cuentas contables ambientales: Caso de la industria marroquinera en Cali, Valle del Cauca y Armenia Quindío*. Universidad Libre.

Sánchez Vásquez, L. M. (2016). *Una lectura del desarrollo desde la contabilidad social: caso departamento del Quindío*. Universidad La Gran Colombia Seccional Armenia.

Suárez-Rico, Y. M., Gómez-Villegas, M. y García-Benau, M. A. (2021). La utilidad de los informes de sostenibilidad en entidades públicas y privadas en Colombia: la percepción de los stakeholders. *Contaduría Universidad de Antioquia*, (79), 103-136. https://doi.org/10.17533/udea.rc.n79a05

Vaca López, A. (2021). *La representación contable de la cultura para el desarrollo sostenible* [Tesis de doctorado]. Universidad de Manizales.

---

* e-mail: lina.sanchez42@tdea.edu.co

Eficiencia de sustratos orgánicos alternativos como sustitutos de la turba en la plantulación de tomate

Sebastián Saavedra Martínez, Angela María Sastoque Salcedo*, Santiago Correal Cortés, Juan Pablo Rivera Ávila

Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, Facultad de Ingeniería Ambiental

La plantulación es una práctica agrícola que optimiza los procesos de siembra de semillas en ambientes controlados, buscando desarrollar un sistema radicular abundante y tallos robustos en los primeros estadios de crecimiento de la plántula. Para realizar la siembra y reducir las pérdidas en el cultivo de tomate, se hace uso de la turba, un sustrato orgánico con condiciones de aireación y humedad que aseguran el éxito en la siembra (Sagastume Godínez, 2011). Sin embargo, el uso de turba implica el deterioro de ecosistemas de importancia ecológica como páramos, subpáramos y humedales, que son grandes captadores de CO_2 (42%) y reguladores hidrológicos; además, es necesaria la aplicación de pesticidas y fertilizantes sintéticos para la plantulación con turba, lo que convierte esta práctica agrícola en un obstáculo para un sistema agroalimentario resiliente y sostenible (Alexander *et al.*, 2008; Agarwal *et al.*, 2021; Mendoza *et al.*, 2018).

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la eficiencia de sustratos orgánicos alternativos como sustitutos de la turba en la plantulación de tomate. Se empleó una metodología cuantitativa, descriptiva y exploratoria, donde

se llevó a cabo la creación de 28 sustratos a base de residuos vegetales del departamento del Meta (cascarilla de arroz, raquis de plátano y tusa de palma).

Se buscó generar un sustrato apto para el crecimiento de las plantas, compuesto por materia orgánica, minerales y microbiología; por eso, se realizó la búsqueda de diferentes elementos que aportarán dicho sistema estructural: compost para proporcionar la materia orgánica, residuos vegetales para aporte de minerales y gran diversidad de microorganismos de control de patógenos y fijación de minerales. Cada residuo vegetal requirió un tratamiento. En el caso de la tusa, se trozó hasta obtener fibras lo más separadas y limpias posibles; el raquis fue troceado y triturado hasta obtener un tamaño granular de 5 mm y, posteriormente, secado por 48 horas, y la cascarilla fue incinerada por el método de hoguera en chimenea. Luego de preparar el sustrato, se plantularon 896 semillas de tomate para los 28 sustratos y 32 semillas de tomate en la turba, para realizar una preprueba e identificar la respuesta de germinación de la semilla plena en estos sustratos, midiendo características morfológicas de la plántula y parámetros químicos del sustrato en bandejas germinadoras de 128 alveolos. Los resultados se compararon en función de la media de la turba en contraste con los demás sustratos, para así definir la cantidad de variables que tuvieron mejor desarrollo morfológico (elongación radicular, longitud del tallo, cantidad de hojas verdaderas, diámetro del tallo, longitud total de la plántula), además de las variables químicas en el sustrato (conductividad, pH e índice nutricional) y del porcentaje de semillas plenas (Figura 1). Con los resultados obtenidos, se seleccionó la mejor combinación de agregados de cada residuo vegetal, los cuales fueron T2, C2, R2 Y B6 (Tabla 1). Se discute el papel de los resultados obtenidos en el contexto de mineralización de los sustratos seleccionados

con el objeto de optimizar el crecimiento de las plántulas de tomate, contribuyendo así a los ODS 6, 12 y 13 (Agarwal *et al.*, 2021).

Figura 1. Resultados morfológicos, químicos y porcentaje de semillas plenas en los 28 sustratos

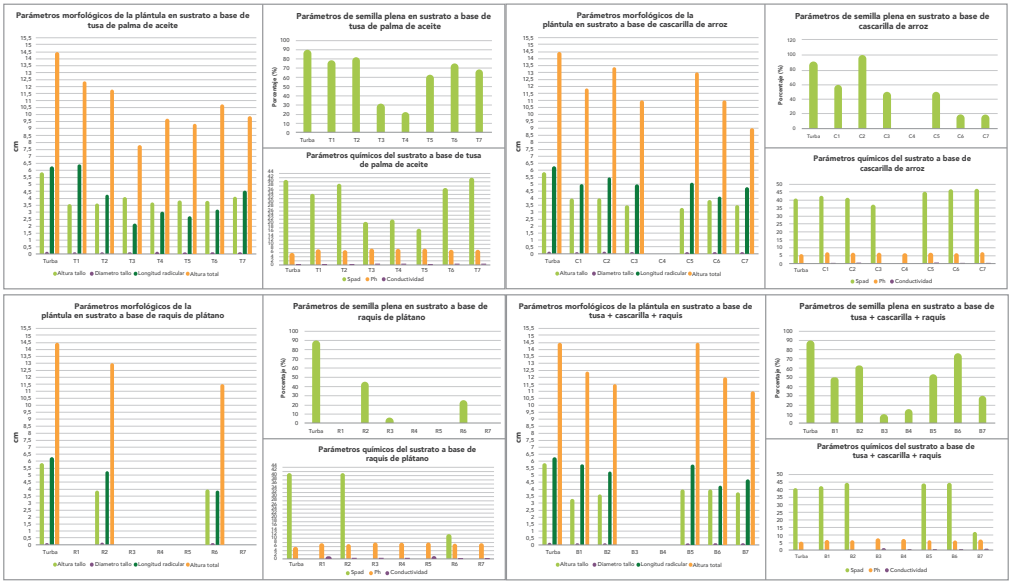


Tabla 1. Sustratos con mejor desarrollo de la plántula comparados con la turba

Simbología	Residuo base	Composición					Variables destacadas							Semillas plenas (porcentaje)
		Aspersión de microorganismos (L)	M.M (porcentaje)	P (porcentaje)	C (porcentaje)	Re (porcentaje)	Lr	Lt	Ht	d	pH	SPAD	σ	
T2	Tusa de palma	1	10	15	45	30	X		X				X	81.25
C2	Cascarilla de arroz	1	10	15	45	30	X		X	X				100
R2	Raquis de plátano	1	10	15	45	30						X		46.87
B6	Tusa + raquis + cascarilla	1	10	30	45	15				X	X	X		75

Nota: Se aplicaron por separado los microorganismos sobre los sustratos en una dilución de 300 g/L. Los subtítulos de la tabla están abreviados por símbolos. La columna 3 muestra las composiciones de aspersión de microorganismos como Bacillus thuringiensis, Trichoderma harzianum y Micorrizas; M.M = microorganismos de montaña; P = palmiste; C = compost; Re = residuos. La columnas siguientes muestra las variables destacadas Lr = longitud radicular; Lt = longitud del tallo; Ht = altura total de la plántula, d = diámetro, pH, SPA = índice de clorofila, **σ** *= conductividad eléctrica.*

Referencias

Agarwal, P., Saha, S. y Hariprasad, P. (2021). Agro-industrial-residues as potting media: physicochemical and biological characters and their influence on plant growth. *Biomass Conversion and Biorefinery*. https://doi.org/10.1007/s13399-021-01998-6

Alexander, P. D., Bragg, N. C., Meade, R., Padelopoulos, G. y Watts, O. (2008). Peat in horticulture and conservation: the UK response to a changing world. *Mires and Peat*, *3*. http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map03/map0308.php

Mendoza, G., Becerra, V., Longone, V. y Torres, J. (2018). *Insecticidas, acaricidas, nematicidas y herbicidas para el cultivo de tomate*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gob.ar/documentos/insecticidas-acaricidas-nematicidas-y-herbicidas-para-el-cultivo-de-tomate

Sagastume Godínez, H. H. (2011). *Caracterización técnica y administrativa del proceso de producción de plántulas en pilón para pequeñas y medianas empresas productoras de hortalizas en Chimaltenango, Guatemala* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/MAIES66.pdf

---

* e-mail: Angela.sastoque@usantotomas.edu.co

Producción sostenible y gestión de residuos en empresas de Antioquia

Patricia Rodríguez-Sánchez[1*], David González-Cuenca[1], Hernán Loaiza Sánchez[2]

[1] Universidad Militar Nueva Granada, [2] Corporación Interactuar, CEIPA Business School

La producción y el consumo responsables (ODS 12) demanda esfuerzos y transformaciones empresariales que involucran la reducción de desechos en los ciclos productivos, las prácticas sostenibles y el uso eficiente de los recursos naturales. Dichas transformaciones requieren procesos de producción sostenibles, gestión de los recursos y el relacionamiento de los distintos actores a lo largo de la cadena de valor y el ciclo de vida de producto que contribuyan a la disminución del uso intensivo de los recursos y a una economía más sostenible. Esta investigación busca identificar las acciones, en materia de producción sostenible, gestión de residuos y relacionamiento ambiental, que han emprendido microempresas del departamento de Antioquia (Colombia) para el alcance de una economía sostenible.

La metodología desarrollada tuvo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, en la que se utilizó la encuesta como técnica para la recolección de la información, apoyada en un cuestionario de 11 preguntas bajo tres categorías: producción sostenible, gestión de residuos y relaciones ambientales con el entorno. Se realizó el envío del cuestionario digital a micro, pequeñas y medianas empresas del sector manufacturero de los municipios

de Medellín, Bello, Copacabana, Girardota, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas del departamento de Antioquia. Las empresas participantes en la investigación tienen más de 3 años en el mercado y hacen parte del programa Método Base de Aceleración (MBA) de la escuela de negocios de la Corporación Interactuar de las cohortes 2014-2021.

Los resultados presentan aspectos de producción sostenible en todas las empresas participantes, en niveles y acciones de implementación de distinta índole: es posible destacar la educación ambiental, los elementos de producción limpia y la gestión de residuos (Figura 1). En materia de gestión ambiental, se identificó la necesidad de fortalecer habilidades empresariales que implementen instrumentos de planeación ambiental como diagnósticos y planes ambientales, estudios de riesgos y programas de producción. Se evidenciaron habilidades empresariales para la prevención y reducción de generación de residuos y acciones de mejora en el ciclo de vida de producto en materia de gestión de residuos; sin embargo, no hay una fuerte evidencia de intercambio de recursos, como proceso de simbiosis industrial (Baldassarre *et al.*, 2019; Farel *et al.*, 2016; Velenturf y Jensen, 2016), o del uso de los residuos como insumos en otro proceso (Le Tellier *et al.*, 2019; Nuñez-Cacho *et al.*, 2018), pero sí un alto interés en el reúso de residuos y la reparación de elementos (Figura 2). Respecto a las relaciones ambientales con otros actores (Liu *et al.*, 2015), las empresas, en su mayoría, demandan requerimientos ambientales en las materias primas proporcionadas por proveedores y promueven la educación ambiental y el intercambio de conocimiento y experiencias con clientes y otras empresas. Sin embargo, se requiere especial atención en construir mejores relaciones con el entorno directo relacional, toda vez que más del 56% de los encuestados manifiesta no realizar ninguna acción en este aspecto (Figura 3).

El estudio concluye señalando la necesidad de que las empresas i) se integren en ecosistemas industriales donde se promueva la transferencia de conocimiento, la gestión conjunta de recursos y la eficiencia de las líneas de producción (Tolstykh *et al.*, 2020; Zhu y Ruth, 2013); ii) participen de redes empresariales para la gestión efectiva de recursos (Boons *et al.*, 2017; Chertow y Ehrenfeld, 2012) y la disminución del flujo de residuos (Le Tellier *et al.*, 2019; Tolstykh *et al.*, 2020; Kumari y Patil, 2019), así como para compartir servicios y utilidades (Boons *et al.*, 2017), y iii) participen de programas de implementación de políticas públicas en las cuales se fortalezcan las habilidades de producción sostenible y accedan a beneficios para la implementación de tecnologías verdes y financiamiento externo.

Figura 1. Acciones de producción sostenible

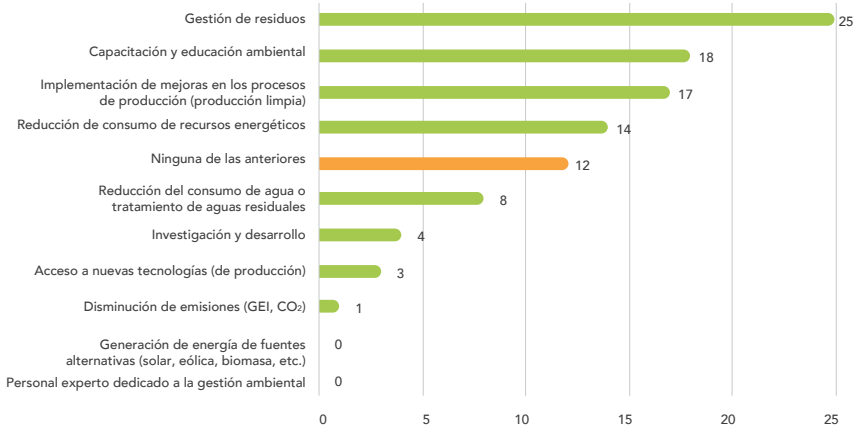


Figura 2. Acciones de reducción de residuos y extensión de vida útil de productos

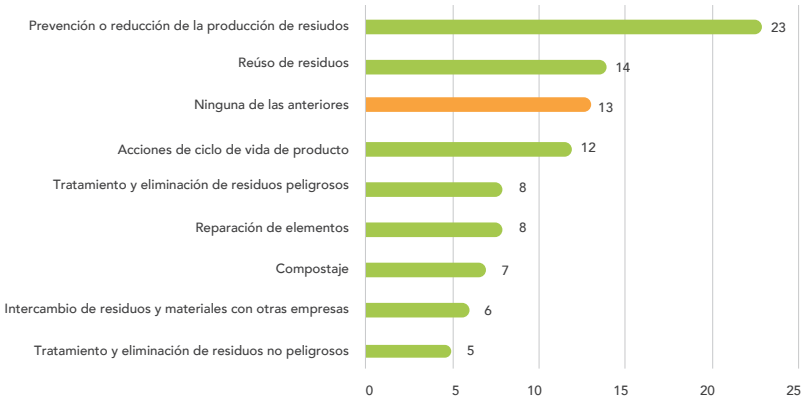
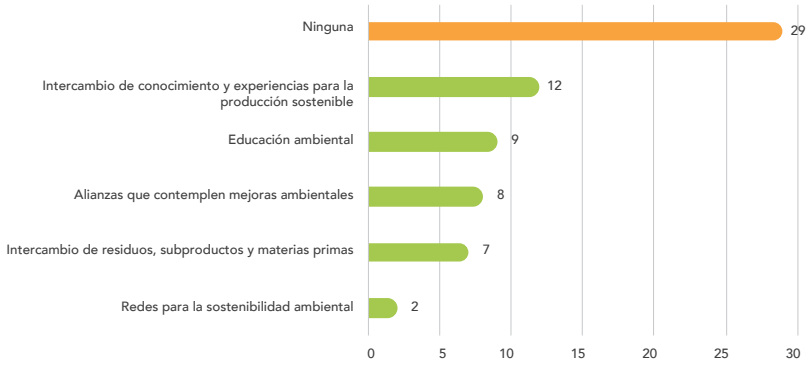


Figura 3. Relaciones ambientales con otras empresas



Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada y a la Universidad EAFIT por la financiación del proyecto INV-DIS-3446, al cual

se suscribe este producto de investigación. También se quiere agradecer al profesor Juan Gregorio Arrieta Posada por su colaboración en el proyecto.

Referencias

Baldassarre, B., Schepers, M., Bocken, N., Cuppen, E., Korevaar, G. y Calabretta, G. (2019). Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of Cleaner Production*, *216*, 446-460. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.091

Boons, F., Chertow, M., Park, J. Spekkink, W. y Shi, H. (2017). Industrial Symbiosis Dynamics and the Problem of Equivalence: Proposal for a Comparative Framework. *Journal of Industrial Ecology*, *21*(4), 938-952. https://doi.org/10.1111/jiec.12468

Chertow, M. y Ehrenfeld, J. (2012). Organizing Self-Organizing Systems: Toward a Theory of Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, *16*(1), 13-27. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x

Farel, R., Charrière, B., Thevenet, C. y Yune, J. H. (2016). Sustainable Manufacturing Through Creation and Governance of Eco-Industrial Parks. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, *138*(10). https://doi.org/10.1115/1.4034438

Kumari, S. y Patil, Y. B. (2019), Enablers of sustainable industrial ecosystem: framework and future research directions, *Management of Environmental Quality*, *30*(1), 61-86. https://doi.org/10.1108/MEQ-02-2018-0044

Le Tellier, M., Berrah, L., Stutz, B., Audy, J.-F. y Barnabé, S. (2019). Towards sustainable business parks: A literature review and a systemic model. *Journal of Cleaner Production*, *216*, 129-138. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.145

Liu, C., Côté, R. P. y Zhang, K. (2015). Implementing a three-level approach in industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, *87*, 318-327. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.067

Nuñez-Cacho, P., Górecki, J., Molina-Moreno, V. y Corpas-Iglesias, F. A. (2018). What Gets Measured, Gets Done: Development of a Circular Economy Measurement Scale for Building Industry. *Sustainability*, *10*(7). https://doi.org/10.3390/su10072340

Tolstykh, T., Shmeleva, N. y Gamidullaeva, L. (2020). Evaluation of Circular and Integration Potentials of Innovation Ecosystems for Industrial Sustainability. *Sustainability*, *12*(11). https://doi.org/10.3390/su12114574

Velenturf, A. P. M. y Jensen, P. D. (2016). Promoting Industrial Symbiosis: Using the Concept of Proximity to Explore Social Network Development. *Journal of Industrial Ecology*, *20*(4), 700-709. https://doi.org/10.1111/jiec.12315

Zhu, J. y Ruth, M. (2013). Exploring the resilience of industrial ecosystems. *Journal of Environmental Management*, *122*, 65-75. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.02.052

---

* e-mail: patricia.rodriguez@unimilitar.edu.co

Obtención de materiales carbonosos a partir de residuos de cáscaras de plátano y aguacate con aplicación potencial como material adsorbente

Juan Sebastián Cuello Otero[1*], Leidy A. Hoyos Giraldo[1], Maurin Salamanca Guzmán[2]

[1] Grupo de investigación Ciencias Básicas Aplicadas del Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria, [2] Grupo Ciencia de Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

En Colombia, alrededor del 61.54% de los residuos son generados a partir de materia orgánica (Contreras y Barajas, 2022), de los cuales, entre el 5 y el 7% corresponden a residuos de la producción de aguacate, mientras que 250 000 toneladas de residuos de plátano son generados al año (Monsalve y Ramos, 2019), lo que los convierte en un problema de contaminación ambiental, por lo cual es necesario desarrollar estrategias que permitan el tratamiento de estos residuos, a través de la transformación en productos de valor agregado. Así pues, este trabajo tiene como objetivo transformar los residuos de cáscara de plátano y aguacate en materiales carbonosos con aplicación potencial en procesos de adsorción de contaminantes de aguas residuales, apuntando a los ODS 6 y 12. Para la obtención del material carbonoso, residuos de cáscara de plátano (PT) y semillas de aguacate

(AG) fueron pirolizados a 700 °C a una tasa de 10 °C/min y un flujo de nitrógeno de 60 mL/min. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos por análisis termogravimétrico (TGA) del seguimiento de pirólisis de ambos tipos de biomasa empleada. Los resultados muestran que ambas materias primas presentan una fase inicial de pérdida asociada a la pérdida de agua (temperatura I). El plátano tiene una segunda pérdida (temperatura IV), la cual está asociada a la liberación de sustancias volátiles y a la generación de un residuo sólido remanente de biochar y cenizas. Para el residuo de aguacate, se aprecian en total cuatro pérdidas: una primera fase de pérdida de humedad y las demás atribuidas a la descomposición térmica de azúcares como la sacarosa (197.92 °C) (Chen *et al.*, 2012), degradación de la celulosa, hemicelulosa y almidón (261.84 °C) y volatilización de algunos alquitranes (349.97 °C).

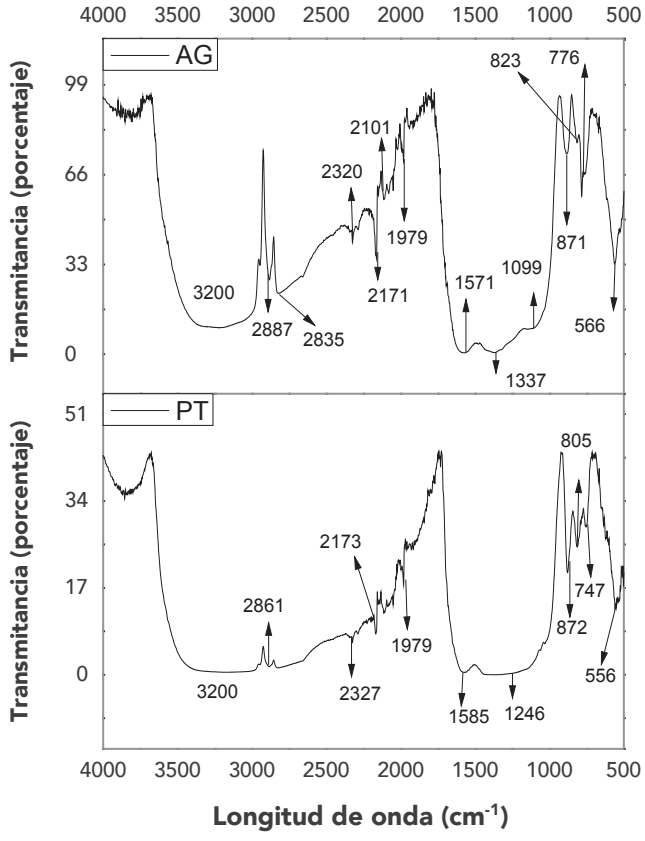
Tabla 1. Pérdida de peso a diferentes temperaturas para residuos derivados de plátano y aguacate

Materia prima	Temperatura I (°C)	Pérdida en peso (porcentaje)	Temperatura II (°C)	Pérdida en peso (porcentaje)	Temperatura III (°C)	Pérdida en peso (porcentaje)	Temperatura IV (°C)	Pérdida en peso (porcentaje)
AG	105.77	77.6	197.92	1.98	261.84	5.89	349.77	10.02
PT	117.5	85.8	No se observa pérdida	No aplica	No se observa pérdida	No aplica	312.11	0.11

El análisis de la superficie química (Figura 1) no muestra diferencias muy significativas en los materiales carbonosos obtenidos. Señales observadas alrededor de 3 200 cm^{-1} y

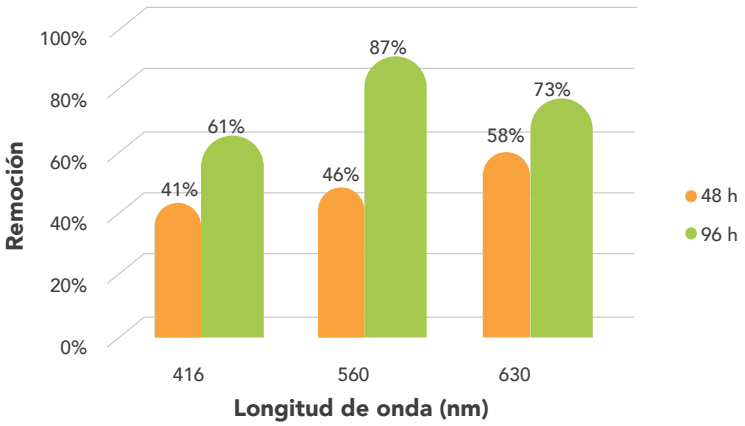
3 500 cm^{-1} se asignan al estiramiento de O-H en carbohidrato, característico de la materia prima empleada. Así mismo, los picos, alrededor de 2 900 cm^{-1}, son indicativos de la presencia de enlaces C-H para cadenas alifáticas y banda de deformación C=C en 1 571 cm^{-1} y 1 585 cm^{-1} para AG y PT, respectivamente, así como deformación de C-H en las bandas de 872 cm^{-1} - 900 cm^{-1}.

Figura 1. Infrarrojo para el material carbonoso derivado del plátano y del aguacate



La capacidad de adsorción del material carbonoso se evaluó empleando una solución de 3 375 ppm de aguas residuales reales, las cuales contienen tres colorantes azoicos con máximos de absorción en el rango UV-Vis a 416, 560 y 630 nm. La solución se puso en contacto por 48 y 96 horas con 1 g del material carbonoso. Se puede observar que, a mayores tiempos de adsorción, mejora la remoción del colorante, y es de resaltar que se alcanzan porcentajes de remoción hasta del 87% (Figura 2).

Figura 2. Porcentajes de remoción de colorantes determinadas a 416, 560 y 630 nm después de 48 y 96 h con el material carbonoso obtenido a partir de cáscara de plátano



Los resultados de los análisis termogravimétrico e infrarrojo para la pirólisis de biomasa permiten concluir que este proceso termoquímico es un método efectivo para la conversión de biomasa de cáscara de plátano y aguacate en material carbonoso con potencial de aplicación como adsorbentes y otros productos gaseosos útiles para la obtención de energía.

Agradecimientos

Los autores agradecen al grupo de investigación Integra del Tecnológico de Antioquia por permitir el uso de algunos de sus equipos para la experimentación.

Referencias

Chen, H., Dou, B., Song, Y., Xu, Y., Zhang, Y., Wang, C., Zhang, X. y Tan, C. (2012). Pyrolysis characteristics of sucrose biomass in a tubular reactor and a thermogravimetric analysis. *Fuel*, *95*, 425-430. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.11.054

Contreras Briceño, L. K. y Barajas Cárdenas, K. J. (2022). Aprovechamiento de residuos aguacate generados en centro abastos de Bucaramanga para la producción de aceites esenciales [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/44906

Monsalve Valderrama, C. Y. y Ramos García, Y. L. (2019). *Estudio de pre-factibilidad en la cadena productiva del aguacate para aprovechamiento de residuos del fruto en la industria cosmética* [Tesis de grado, Universitaria Agustiniana]. http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/906

---

* e-mail: sebastiancuello2000@gmail.com

Recubrimiento a base de almidón de plátano residual

Urías Montiel-Álvarez[1*], Natalia Andrea Gómez[2], Diana Marcela Escobar[3]

[1] Estudiante de Ingeniería Bioquímica, Sede de Estudios Ecológicos y Agroambientales (Urabá), Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, [2] Profesora de Ingeniería Química, Grupo de Bioprocesos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, [3] Profesora del programa de Bioingeniería, grupo de Biomateriales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

El plátano (*Musa paradisiaca*) es un fruto tropical, perteneciente a la familia musácea, que se cultiva en Colombia tanto para consumo interno como para exportarlo a países de Europa y Norteamérica, principalmente. Se generan pérdidas de entre el 25 y 30% del banano exportado debido a la maduración prematura de los frutos (*crown rot*), causada por hongos como *Fusarium semitectum*, *Colletotrichum musae*, *C. gloeosporioides*, *Fusarium spp.* y *Penicillium corylophilum* (Cartaya Díaz *et al.*, 2011; Aguilar Anccota *et al.*, 2013). Adicionalmente, se estima que el 91% de la producción nacional es destinada a la exportación y un 9% queda como excedente, bien sea porque no cumple con los parámetros o porque representa un sobrante en los meses de mayor producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). El objetivo del presente trabajo fue obtener un recubrimiento a base de almidón extraído de los excedentes de plátano y estudiar su potencial de aplicación como protección de frutos en poscosecha.

Los recubrimientos para frutas son membranas transparentes y delgadas aplicadas mediante técnicas de inmersión o aspersión; en ellas se usan materiales comestibles como lípidos, polisacáridos y proteínas (Ruelas-Chacón *et al.*, 2013). En este trabajo se extrajo almidón de la pulpa del plátano y se caracterizó y usó como biopolímero base para la fabricación de membranas, en las cuales se varió el porcentaje de almidón (3 y 4% p/v) y se usó glicerol (0, 2 y 3% p/v) como plastificante y extracto de tomillo (0.05% v/v) como agente antimicrobiano. Cada membrana fabricada se caracterizó por FTIR y SEM y se evaluó mediante pruebas antimicrobianas, de permeabilidad al vapor de agua y de espesor.

Los resultados mostraron películas con espesor promedio de 0.25 mm, donde la adición de glicerol tuvo efecto positivo sobre la formación de enlaces con el almidón, haciendo los recubrimientos más flexibles y estables, evidenciado en el FTIR. Las imágenes SEM mostraron superficies porosas con interconexiones que permiten tener una permeabilidad al vapor de agua, adecuadas para el intercambio de oxígeno en el fruto. Las pruebas antimicrobianas mostraron disminución en la velocidad de crecimiento en *Penicillium corylophilum* y *Fusarium*, evidenciando el poder protector del almidón potencializado con el extracto de tomillo. Finalmente, estos resultados evidencian una gran viabilidad para la gestión adecuada de los residuos de plátano, permitiendo un mayor valor en su cadena productiva y contribuyendo al aprovechamiento de los recursos naturales con la evitación de pérdidas.

Referencias

Aguilar Anccota, R., García Raymundo, R. B., Dulanto Bejarano, J. A. y Maldonado Duque, E. A. (2013). Hongos asociados a la pudrición de la corona en frutos de banano orgánico (*Musa spp.* L.) en Piura, Perú. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *4*(1), 81-88. https://doi.org/10.22490/21456453.983

Cartaya Díaz, N., Domínguez Palarea, E., Piedra Díaz, A. B., Duque Yanes, M., Torres Sánchez, J. M., Oramas González-Moro, J. J., Pereyra León, J., Lobo Rodrigo, G., Hernández Hernández, J., Perera González, S. (2011). *Evaluación de eficacia de productos naturales para el control de la pudrición de corona (crown rot) en plátano*. Biomusa. https://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/subt_393_ensayo_postcosecha_platano.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *Indicadores e Instrumentos Cadena Plátano*. Gobierno de Colombia. https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2018-10-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf

Ruelas-Chacón, X., Reyes-Vega, M. L., Valdivia-Urdiales, B., Contreras-Esquivel, J. C., Montañez-Saenz, J. C., Aguilera-Carbó, A. F. y Peralta Rodríguez, R. D. (2013). Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, *5*(9), 31-37.

---

* e-mail: urias.montiel@udea.edu.co

Evaluación de la eficiencia de descomposición de diferentes tipos de residuos orgánicos generados en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín a través de la técnica de pacas biodigestoras

Elizabeth Carvajal-Flórez[1*], Laura V. Clavijo Rodríguez[2], Kevin A. Suárez Higuita[3]

[1] Profesora asociada, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, [2] Egresada de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, [3] Estudiante de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

El proyecto tuvo como propósito evaluar la eficiencia de descomposición de diferentes tipos de residuos orgánicos generados en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, a través de la técnica de pacas biodigestoras, con el fin de establecer la convivencia de implementación en los campus universitarios, además de que el material resultante pueda ser usado en el mejoramiento de las condiciones del suelo de sus zonas verdes. Con este fin se hizo el montaje de cinco pacas de aproximadamente 1 m^3, así: paca No. 0 (material vegetal), paca No. 1 (material vegetal + inóculo de compostaje), paca No. 2 (Material vegetal + acelerador de descomposición llamado Génesis), paca No. 3 (Material vegetal

+ estiércol de cabra) y paca No. 4 (material vegetal + residuos de café). Las pacas se realizaron a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, dadas las características de los residuos y la oferta limitada de residuos en el tiempo de la investigación (pandemia). Las pacas fueron conformadas con un equipo de compactación hidráulica de 1 ton/m^3 y monitoreadas por un lapso de 6 meses. Semanalmente se midieron variables como altura y temperatura, y previo a su desmontaje, se tomaron muestras del material resultante, para determinar su composición fisicoquímica (C, N, P y elementos menores). Se encontró que la paca 0 fue la que presentó mejor comportamiento en cuanto a altura final, seguida de las pacas 1, 2, 3 y 4, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa de cambio altura pacas biodigestoras

No. de la paca	Altura inicial	Altura final	Tasa de cambio
0	84	25	70.4%
1	72	24	66.7%
2	59	20	66.1%
3	70	28	60.0%
4	58	33	56.9%

Con relación a la temperatura, se evidenció que esta osciló en las pacas entre un valor máximo promedio de 55 **°C y** un mínimo promedio de 20 **°C.**

Con respecto a la relación C/N, se evidenció que los valores fueron 5.2, 4.9, 4.5, 4.7 y 11.3 para las pacas 0, 1, 2, 3 y 4, respectivamente, indicando que la paca con café (No. 4) presenta mayor biodegradabilidad, debido a la mayor

presencia de carbono en comparación con el nitrógeno. Por todo lo anterior, puede concluirse que las pacas biodigestoras son una técnica versátil, económica y de alto nivel de eficiencia para el tratamiento de residuos de tipo orgánico, toda vez que el porcentaje de descomposición es alto, no solo en la altura reducida, sino en las relaciones carbono-nitrógeno y presencias de elementos menores, lo que da cuanta de la alta biodegradabilidad, especialmente en la paca 4. El proceso está condicionado por el tamaño, el nivel de compactación y el tipo de residuo con el que estas se elaboran.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín por permitir el montaje y la realización de la investigación.

Bibliografía

Ardila Delgado, J. L., Cano Córdoba, J., Silva Pérez, G. y López Arango, Y. (2015). Descomposición de residuos orgánicos en pacas: aspectos fisicoquímicos, biológicos, ambientales y sanitarios. *Producción + Limpia*, *10*(2), 38-52.

Ossa Carrasquilla, L. C. (2016). *Aplicación de la tecnología de las pacas biodigestoras para el tratamiento ecológico de los residuos orgánicos de la Universidad de Antioquia* [Tesis de grado, Universidad de Antioquia]. https://hdl.handle.net/10495/13416

Ossa-Carrasquilla, L. C., Correa-Ochoa, M. A. y Múnera-Porras, L. M. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. *Producción + Limpia*, *15*(2), 71-91.

Quintero Lizaola, R., (2014). Poblaciones microbianas, actividades enzimáticas y substancias húmicas en la biotransformación de residuos. *Terra Latinoamericana*, *32*(2), 161-172.

---

* e-mail: ecarvajalf@unal.edu.co

ODS 13. Acción por el clima

Análisis multitemporal de la transformación de la cobertura boscosa y su incidencia en el potencial de captura de carbono para la zona de amortiguación del Parque Natural Regional Serranía de las Quinchas

Lina Juliana Castillo Alarcón[1*], Lina Patricia Vega-Garzón[1], Iván Pirazán[1], Ronal Sierra-Parada[2]

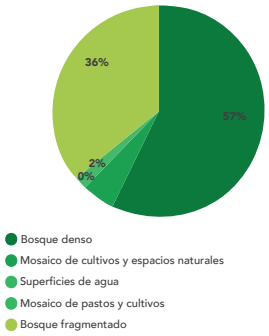
[1] Universidad Santo Tomas seccional Tunja, [2] Universidad Santo Tomas Sede Bogotá

El objetivo del presente trabajo fue realizar el análisis multitemporal de la cobertura vegetal para un rango de tiempo de 33 años en la zona de amortiguación del Parque Natural Regional Serranía de Las Quinchas, ubicado en el departamento de Boyacá, entre los municipios de Otanche y Puerto Boyacá, lo que posibilitó identificar el potencial de captura de carbono en los ecosistemas de bosque identificados, esto debido a que en el área de interés se practican actividades productivas, tales como la ganadería, el cultivo de cacao, yuca y plátano y la extracción de madera, las cuales han generado cambios notorios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo (Boyapaz *et al.*, s.f.). Se utilizaron imágenes satelitales tipo Landsat 4, 5, 7 y 8, obtenidas del servidor USGS Earth Explorer y del banco de

imágenes del IGAC, procesadas mediante software ArcGIS y QGIS, para analizar el cambio de la cobertura natural con el pasar de los años. De acuerdo con la información obtenida, se encontró que el área de bosque denso ha presentado una tendencia decreciente en los últimos años, mientras que el bosque abierto, el bosque fragmentado, la vegetación secundaria o en transición y de coberturas transformadas, como los arbustales, pastos, cultivos y demás mosaicos, han aumentado (Katz Asprilla, 2019). Esto ha sido consecuencia de la intervención antrópica en la zona, a saber, actividades económicas, principalmente la extracción de maderera, entre otras, que actualmente aportan, junto a otras regiones, al 10% de las emisiones de GEI departamentales, según la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (IDEAM *et al.*, 2016). En esta investigación se concluye que el bosque denso es uno de los principales sumideros de la zona, captando en promedio 101.9 ton CO_2/Ha. Las acciones humanas que dan paso a cultivos transitorios o permanentes o a bosque intervenido disminuyen la capacidad de captura y el flujo de carbono durante la transición forestal en esta zona de amortiguación, debido a la dinámica real del carbono dada en los ecosistemas mencionados, esto por efectos de manejo y fenómenos ambientales (Le Noë *et al.*, 2020). El estudio de captura se realizó tras el uso de factores de emisión global. Finalmente, el estudio realizado tiene un enfoque dirigido a la acción por el clima, en el que se amplían el espectro de conocimiento de las dinámicas en esta zona y el potencial de captura de carbono de cada una de las coberturas, así como su cambio en el tiempo, que permite el diseño de políticas o programas en la búsqueda de la conservación y el pago por servicios ecosistémicos para generar opciones de ingresos en una zona con bajas posibilidades actuales de desarrollo y altos conflictos por el uso del suelo.

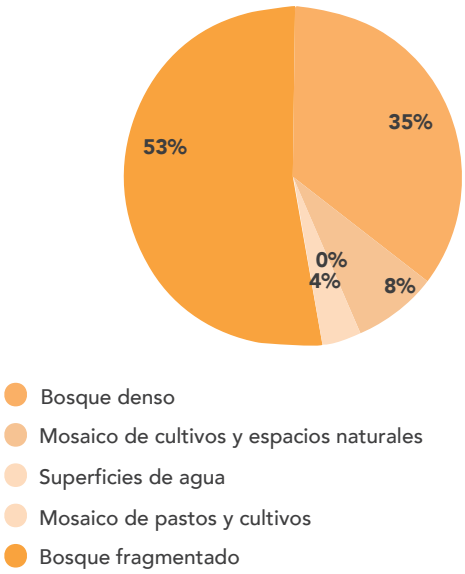
Figura 1. Zona de amortiguación PNRSQ con la clasificación de coberturas según CORINE Land Cover

Figura 2. Almacenamiento de CO_2 año 1989



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Almacenamiento de CO_2 año 2021



Fuente: Elaboración propia.

Referencias

Boyapaz, Ecología, Economía y Ética y Redprodepaz. (s.f.). *Plan de Ambiente, Desarrollo y Paz de la Serranía de Las Quinchas en Otanche Boyacá*. Ecología, Economía y Paz, Boyapaz y Gobernación de Boyacá. https://e3asesorias.com/wp-content/uploads/2019/04/Plan-de-ambiente-Paz-y-Desarrollo-Las-Quinchas-Boyacá-Versión-2304.pdf

IDEAM, PNUD, MADS, DNP y Cancillería. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, FMAM. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf

Katz Asprilla, D. M. (2019). *Diseño de un modelo de gobernanza para mejorar el desempeño social y ecológico en la Serranía de las Quinchas en Otanche, Boyacá* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.45170

Le Noë, J., Matej, S., Magerl, A., Bhan, M., Erb, K.-H. y Gingrich, S. (2020). Modeling and empirical validation of long-term carbon sequestration in forests (France, 1850-2015). *Global Change Biology*, *26*(4), 2421-2434. https://doi.org/10.1111/gcb.15004

* e-mail: lina.castillo@usantoto.edu.co

Gamification as didactic-pedagogical strategy for sustainability education

Daniela Resende de Faria*, Priscila Pereira Coltri

University of Campinas (UNICAMP), SP, Brasil

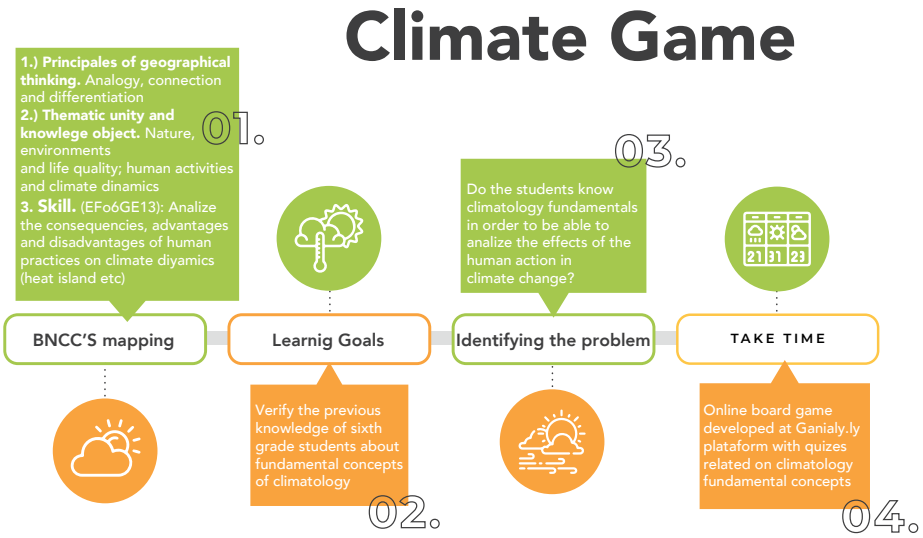
In 2015, in face of the climate change emergency, the United Nations called on the World to promote sustainability, establishing the 2030 Agenda, which aims to guide Humanity through actions to be implemented by all the countries members towards sustainability, oriented by 17 Sustainable Development Goals (SDGs). Studies (de Faria et al., 2021; Seikkula-Leino et al., 2021) showed that a significant way to promote actions related to sustainability and, therefore, to mitigate the effects of climate change involves directly Education. In 2017, the Common National Curricula Basis (BNCC, in Portuguese) was approved for Fundamental Education in Brazil. Teachers all around the country had to rethink their teaching practices, despite that BNCC premise is the integral education, that is the need to promote the mobilization of the knowledge learnt in the classroom towards dealing with the student's own reality, in a query for solutions. For that matter, this study aims to work with SDG 13 (Climate Action) via the development of a learning and teaching tool related to gamification. The proposal is to develop a game regarding climate change, inserted into education for sustainability. The proposal faces the major daily bases challenge of the teachers today: to motivate and to engage students. Research and studies (de Faria et al., 2021; Seikkula-Leino et al., 2021; Hattie, 2017) has shown that the

articulation between previous knowledge and those which the teachers intend to teach is highly efficient. Beyond that, it is fundamental when teachers start with real world problems. To do so, gamification has been presented as a powerful strategy in order to create engagement, having the game itself as its main tool. If education for sustainability involves themes that are complex and interdisciplinary in their own nature, the teacher has to include in their daily bases practices educational resources that are able to motivate students, providing a meaningful learning experience, considering also the online learning environments and scenarios, due the COVID-19 pandemic. The **methodology** consisted of using the gamification as a strategy and the game as a tool (Burke, 2015), in which the teacher provides a way of learning such that the student is able to work and learn, independently. To that end, the first step consisted in analyzing the BNCC - Fundamental Education, towards mapping **what** (Climatology concepts) to teach, in terms of climate change related to sustainability in Human Sciences Area and curricular component: Geography, for sixth grade students. Thereupon, the teacher needs to align the **learning goals** to the **identified problem**, to next, create the game (Burke, 2015) via choosing the format of game and a free platform for that[1]. As a **result**, an online table board game has been elaborated, related to Climatology, suitable to the age group. The Figure 1 represents, in flowchart model, the methodology developed for that and its final product as well, the game, that can be freely used by the teachers to diagnose previous knowledge in Climatology[2]. The game is in Brazilian Portuguese.

1 Here is used https://genial.ly/pt-br/

2 It is available at the link https://view.genial.ly/624c36a5dc2e640012e8ba09

Figure 1. Flowchart representing the methodology of development of the work and the game



Source: Elaborated by the authors, 2022.

References

Burke, B. (2015). *Gamificar: Como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias*. DVS Editora.

de Faria, D. R., Ramos, M. C., & Coltri, P. P. (2021). Sequência didática como estratégia para ensino sobre desafios socioambientais relacionados às mudanças climáticas. *Terrae Didatica*, *17*. https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8667126

Hattie, J. (2017). *Aprendizagem visível para professores: Como maximizar o impacto da aprendizagem*. Penso.

Seikkula-Leino, J., Jónsdóttir, S. R., Håkansson-Lindqvist M., Westerberg, M., & Eriksson-Bergström, S. (2021). Responding to Global Challenges through Education: Entrepreneurial, Sustainable, and Pro-Environmental Education in Nordic Teacher Education Curricula. *Sustainability*, *13*(22). https://doi.org/10.3390/su132212808

Bibliography

Ministério da Educação. (n.d.). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf

---

* e-mail: dresende7676@yahoo.com.br

Enfrentando el cambio climático en las laderas de Medellín: experiencia de la mesa de atención y recuperación del pacífico

Luis Alejandro Rivera-Flórez[1*], Edna Margarita Rodríguez-Gaviria[2]

[1] Universidad de Antioquia, [2] Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Los efectos del cambio climático se manifiestan cada vez con más fuerza en las ciudades modernas (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Particularmente, en el caso de Medellín, los impactos de estos se hacen presentes, en mayor medida, en las comunidades con mayores condiciones de vulnerabilidad, como es el caso de aquellas que surgieron de procesos de autoconstrucción popular y que se encuentran en espacios geológicamente inestables, como aquellos ubicados en las laderas de la ciudad. Este ha sido el caso del barrio El Pacífico, de la Comuna 8, ubicado en la ladera centro-oriental de la ciudad, cuyo poblamiento inicial se remonta a 1994 (Rivera Flórez *et al.*, 2020). Desde entonces, mediante la Junta de Acción Comunal (JAC), la comunidad ha sorteado diferentes obstáculos no solo para ser reconocidos (Moreno y Rivera, 2022) sino para gestionar las necesidades que implica habitar su territorio. El más reciente de estos esfuerzos es la Mesa de Atención y Recuperación (MAR), un mecanismo de diálogo permanente entre comunidad e instituciones públicas

de Medellín, el cual surge a partir de la insuficiente respuesta oficial ante un escenario de avenida torrencial ocurrido el 18 de septiembre de 2020 y que puso en entredicho la permanencia del barrio. Esta ponencia tiene el objetivo de dar a conocer los resultados de este espacio participativo, al igual que señalar los vacíos y las recomendaciones que esta experiencia comparte en razón del relacionamiento entre la comunidad y el sector público en torno a la implementación de medidas para la reducción y mitigación de los efectos del cambio climático en los territorios autoconstruidos de Medellín. La metodología empleada fue la investigación participante, llevada a cabo durante 2 años de la MAR, y los resultados son una sistematización de experiencias, de la cual resultaron dos libros de memorias comunitarias. Los hallazgos dan cuenta de que existe una falta casi absoluta de voluntad política, por parte de la Alcaldía municipal, por apoyar los procesos de gestión de riesgo ante el cambio climático en Medellín y de que existe una necesidad urgente en las comunidades autoconstruidas de movilizarse para materializar medidas de reducción y mitigación de los efectos del cambio climático.

Esta ponencia apunta al Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 (Acción por el clima), en el cual se incluyen reflexiones y recomendaciones en torno a la solución de fenómenos locales de variabilidad climática, además de la integración que puedan tener en los ejercicios de planificación local.

Figura 1. Sede de la Junta de Acción Comunal del barrio El Pacífico. Grafiti en conmemoración a Carlos "convite" Jiménez, fundador del barrio. Obra elaborada por el colectivo artístico Elemento Ilegal

ODS 13. Acción por el clima

Agradecimientos

Agradecemos a la JAC del barrio El Pacífico, a la Corporación Jurídica Libertad, a las organizaciones Montanoa A y Tejearañas y a la Mesa de Vivienda de la Comuna 8, por promover procesos de fortalecimiento de capacidades comunitarias para la gestión del riesgo en Medellín y, particularmente, en El Pacífico, por medio de escenarios como la MAR. Agradecemos también al proyecto de investigación URBE Latam: Comprensión de los riesgos y desarrollo de mejores capacidades en ciudades latinoamericanas, por posibilitar el mapeo participativo del barrio, al igual que a Dimekia Audiovisual, a la Universidad Autónoma Latinoamericana y, nuevamente, a la Corporación Jurídica Libertad y a URBE Latam por apoyar la realización del cortometraje documental *El Pacífico: Territorio de esperanza*.

Referencias

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Summary for Policymakers. En Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3-32). Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/summary-for-policymakers/

Moreno Quirós, C. y Rivera Flórez, L. A. (2022). *Acciones colectivas para la defensa del territorio en el barrio El Pacífico de Medellín: una narrativa con la fuerza comunitaria* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Latinoamericana]. http://repository.unaula.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/2118

Rivera Flórez, L. A., Rodríguez Gaviria, E. M., Velásquez Castañeda, C. A., Guzmán Tenjo, H. P. y Ramírez Madrigal, A. (2020). La gestión comunitaria del riesgo. Justicia espacial y ambiental. *Bitácora Urbano Territorial*, *30*(3), 205-218. https://doi.org/10.15446/bitacora.v30n3.87769

---

* e-mail: l.alejo0894@gmail.com

Caracterización del disturbio en el ecosistema bosque basal húmedo presente en áreas de restauración ecológica del departamento del Guaviare a través de un análisis multitemporal

Angie L. Muñoz-Espinosa*, Robinson A. Navarrete-Sánchez

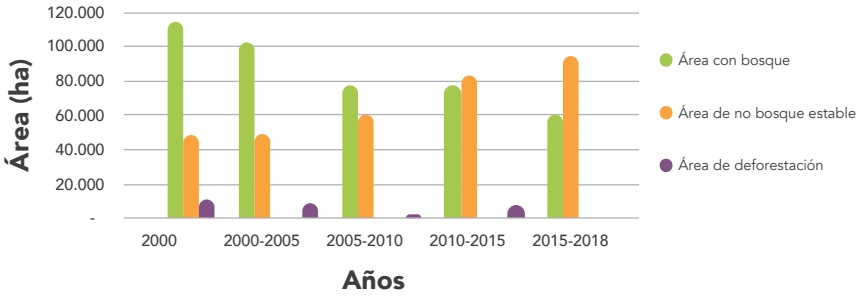
Universidad Manuela Beltrán

La deforestación en Colombia es producida, principalmente, por la ganadería, la agroindustria, el cultivos de uso ilícito, la extracción de madera, la praderización y la expansión de infraestructura (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], s.f.). Por lo anterior, conocer las fuentes de disturbios y pérdida del hábitat, la biodiversidad asociada y sus servicios ecosistémicos implica recopilar información, por ejemplo, empleando métodos basados en sistemas de información como base para evaluar la composición espacial. La presente investigación tiene como objetivo principal caracterizar el disturbio del ecosistema bosque basal húmedo en el departamento de Guaviare, a través de un análisis multitemporal comprendido entre los años 2000 y 2020. El área de influencia de la investigación comprende 163 746.7 ha de los municipios de San José del Guaviare, Calamar y El Retorno (ONF Andina, 2018) y fue seleccionada así debido a que, según el Plan de Ordenamiento Territorial, el área se encuentra en una zona denominada borde de estabilización

rural para la contención de la frontera agrícola y altos índices de ocupación (Municipio de San José del Guaviare, 2021). Para ello, en el método de estudio se utilizaron imágenes Raster de media y alta resolución a escala 1:100.000 que las plataformas SMByC (IDEAM, s.f.) y SIMCOBA SIAT-AC (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, s.f.) emplean para el monitoreo de la superficie de bosque, alertas tempranas de deforestación y coberturas de la tierra, respectivamente. Estas imágenes, disponibles cada 5 años, fueron seleccionadas para el procesamiento de la información geográfica, con una visión espacio-temporal y un área mínima de mapeo, siguiendo el fundamento geoespacial de la metodología CLC (IDEAM *et al.*, 2008). De esta manera, se ha logrado evidenciar cambios a lo largo del tiempo con la disminución de cobertura boscosa, debido a que, para el año 2000 (año de referencia), se registraron 114 521.8 ha de bosque y, a partir de entonces, inicia un descenso del 10% entre los años 2000 y 2005, luego un 30% en 2005-2010 que, posteriormente, logra estabilizarse en 2015, y, por último, continúa el descenso con un 50% entre los años 2015 y 2018 (Figura 1). Conforme a lo descrito anteriormente, se evidencia un ecosistema fragmentado, reflejado en numerosos parches de bosque con un área mínima de mapeo de 70.2 ha, así como una expansión de áreas de no bosque estable, en respuesta al aumento paulatino y constante de la deforestación y a cambios en el uso del suelo, lo anterior representado en otras coberturas, como pastos limpios, y distintas composiciones de mosaicos de cultivos y vegetación secundaria. Llegado a este punto, cabe mencionar que la investigación apunta al eje estratégico de "Acción por el clima" y "Vida de ecosistemas terrestres", argumentando que entender el disturbio a escala de ecosistema hace parte de la base del conocimiento para las estrategias de restauración, rehabilitación y recuperación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) de

ecosistemas que ayudan a regular la variabilidad climática y suman a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Figura 1. Cambio espacio-temporal de la cobertura boscosa



Referencias

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. (s.f.). *Sistema de Monitoreo de las Coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana SIMCOBA*. SIAT-AC. https://siatac.co/simcoba/

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). *Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) Colombia*. http://www.ideam.gov.co/documents/24277/76321271/SMByC3er_SEMINARIO_Nov018-compressed.pdf/e584d925-18d3-400f-8948-5d59ce455526

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de La Magdalena. (2008). *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000*. IDEAM, IGAC y Cormagdalena. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021521/LIBROCORINEFINAL.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas*. https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACIÓN_2.pdf

Municipio de San José del Guaviare. (2021). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. https://www.sanjosedelguaviare-guaviare.gov.co/Transparencia/PBOT/1%20Documento%20de%20presentaci%C3%B3n%20PBOT%202021.pdf

ONF Andina. (2018). *Proyecto de Desarrollo Rural Integral del Guaviare para la Paz, "Caminemos, Territorios Sostenibles"*.

---

* e-mail: ele_delizeth@hotmail.com

Necesidad de la corrección de sesgos en la precipitación simulada por los modelos climáticos CMIP para la cuenca del Río Guaviare (Colombia)

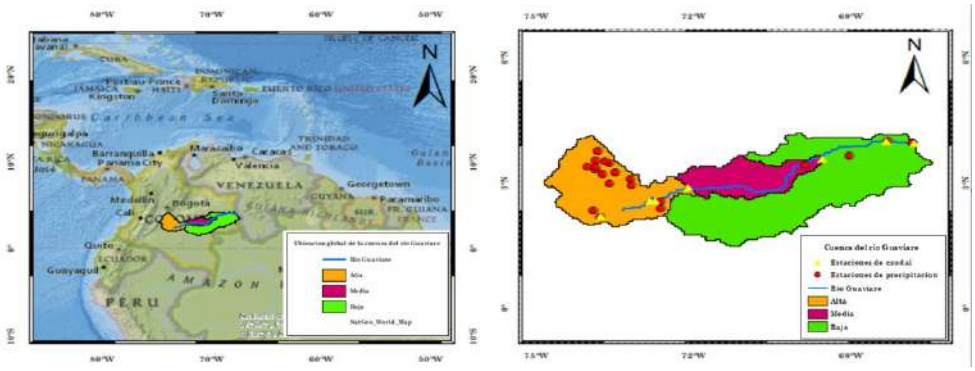
Mariana Bermúdez Usma*, Yesid Tamayo Londoño**, Hernán D. Salas, Alejandro Builes-Jaramillo

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín, Colombia. Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales

El cambio climático impacta directamente en los eventos hidrometeorológicos, influyendo así sobre los recursos hídricos y convirtiéndose en un desafío para el mundo. Por tal razón, la información de precipitación incluida en los modelos climáticos globales es de especial importancia para modelar y estimar posibles impactos asociados al cambio climático. En este estudio se analiza el desempeño de la precipitación para los escenarios Representative Concentration Pathways (RCP) 2.6 y 8.5 de los modelos climáticos globales (CMIP5 y CMIP6), los modelos climáticos regionales del experimento CORDEX-CORE y la regionalización de precipitación proporcionada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (Arias *et al.*, 2021). Debido a que los modelos climáticos tienen errores sistemáticos en sus simulaciones, que tienden a subestimar o sobrestimar la magnitud de las precipitaciones extremas, es necesaria la

corrección de sesgos. El uso de resultados no corregidos a menudo puede dar resultados poco realistas; por tal motivo, a los datos de precipitación de los modelos globales y regionales se les realizó la corrección de sesgo a través del método Linear Scaling (Copernicus Climate Change Service, s.f.). Los resultados indican que, para el periodo histórico, la precipitación durante el año en la cuenca hidrográfica del río Guaviare, en el altiplano Andino, es de tipo bimodal, mientras que las partes bajas de la cuenca exhiben un ciclo anual unimodal. Las observaciones de los ensambles entre los modelos (CMIP5, CMIP6 y CORDEX-CORE) sugieren que la corrección de sesgos es necesaria para la adecuada interpretación de las proyecciones de precipitación de los modelos climáticos, así como para la incorporación de dicha información a la simulación hidrológica. Además, sin la corrección de sesgos, las proyecciones de precipitación asociadas al cambio climático serían difíciles de interpretar y podrían llevar a conclusiones ambiguas o erróneas. Esta investigación puede asociarse al Objetivo de Desarrollo Sostenible por el clima, ya que busca contribuir al conocimiento sobre los posibles impactos del cambio climático en cuencas hidrográficas de la Orinoquía colombiana. Estos saberes son de gran importancia para la toma de decisiones relacionadas con planeación territorial, planes de mitigación del riesgo y posibles afectaciones del cambio climático en sectores ambientales, económicos y sociales.

Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Guaviare y de las estaciones de precipitación y caudal de cada catchmen (alta, media y baja) de la cuenca del río Guaviare



Agradecimientos

Agradecemos a Stockholm Environment Institute's U.S. Center por otorgarnos licencias gratuitas del software WEAP para el desarrollo de esta investigación. Al IDEAM por la información de series de caudal y precipitación. Las simulaciones de MCR de CORDEX se encuentran disponibles, gracias al Earth System Grid Federation, en su página web[3]. Gracias a Global Land Cover by National Mapping Organizations (GLCNMO) por la información de coberturas del suelo[4]. Finalmente, agradecemos a Katherine Echeverri y Melissa Rodríguez por el procesamiento e incorporación de información de coberturas del suelo al modelo hidrológico en WEAP.

3 https://esgf.llnl.gov/

4 Disponible en https://globalmaps.github.io/glcnmo.html

Referencias

Arias, P. A., Ortega, G., Villegas, L. D. y Martínez, J. A. (2021). Colombian climatology in CMIP5/CMIP6 models: Persistent biases and improvements. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (100), 75-96. https://doi.org/10.17533/udea.redin.20210525

Copernicus Climate Change Service. (s.f.). *What is bias correction?*. https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/2021-01/infosheet7.pdf

Bibliografía

Departamento Nacional de Planeación. (2012). *ABC: Adaptación Bases Conceptuales. Marco Conceptual y Lineamientos del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. DNP, MinAmbiente, IDEAM y UNGRD. https://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Documents/Parties/01%20Colombia%20NAP%20-%20Conceptual%20bases%20for%20Adaptation.pdf

Yates, D., Sieber, J., Purkey, D. y Huber-Lee, A. (2005). WEAP21 – A Demand-, Priority-, and Preference-Driven Water Planning Model. *Water International*, *30*(4), 487-500. https://doi.org/10.1080/02508060508691893

* e-mail: mbermudez@est.colmayor.edu.co

** e-mail: ytamayo@est.colmayor.edu.co

Desplazamiento ambiental por desastres naturales asociados a la variabilidad climática en Antioquia - Colombia

Sandra Zuliani Coletti[1,2*], Carlos Alberto Zarate Yepes[3]

[1] Programa Ingeniería Ambiental, Universidad de Medellín, [2] Maestría en Ciencias Ambientales, Corporación Académica Ambiental, Universidad de Antioquia, [3] Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional, sede Medellín

Debido a la ocurrencia de desastres naturales asociados a la variabilidad climática, las personas se ven obligadas a abandonar sus territorios, fenómeno denominado desplazamiento ambiental. A nivel internacional no existen estrategias multilaterales, además de un marco legal claramente establecido, para dar cuenta de la variabilidad climática como motor de la migración (Podesta, 2019). En las regiones tropicales, la variabilidad climática extrema está teniendo profundas consecuencias, ya que obligará a millones de personas a migrar (van der Geest *et al.*, 2020). El objetivo del presente trabajo fue, a través del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar) y encuestas a Comités Locales para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres, analizar el fenómeno del desplazamiento ambiental en las subregiones del departamento de Antioquia, en 18 municipios, con base en el número mayor de afectados por desastres naturales entre 2010 y 2014 (Tabla 1). Los

eventos naturales más recurrentes son las inundaciones y los deslizamientos, siendo las subregiones de Urabá y Bajo Cauca las que presentan, en promedio, las cifras más altas de afectados. La posición geográfica de Antioquia y su sobreexplotación la han hecho vulnerable a los impactos del cambio climático, lo que se evidencia en un incremento de los eventos recurrentes de orden hidrometeorológico, asociados a altas precipitaciones o escasez de lluvias, provocando la vulnerabilidad de las poblaciones en cuanto a condiciones extremas de sequía o lluvias intensas. El 46.8 % de la población antioqueña está expuesta a amenazas hidrometeorológicas, mientras que el promedio nacional está en 36.4% (Gobernación de Antioquia, 2020).

En Colombia existen estadísticas de desplazamientos a causa del conflicto armado; sin embargo, los desplazados a causa de fenómenos ambientales no están contabilizados, por lo que el concepto de desplazamiento suele estar asociado, principalmente, al conflicto armado, debido a que las personas son forzadas a migrar por causa de la guerra (Aoun y Koubar, 2020). En este estudio se concluyó que no existe un diagnóstico con información consolidada sobre desplazados ambientales en el departamento de Antioquia, ni se cuenta con un análisis que permita correlacionar este tipo de desplazamiento con el procedimiento por parte del Gobierno de Colombia, relacionado con las garantías y el bienestar social de esta población desplazada. Así pues, el desplazamiento debido a factores ambientales no tiene un diagnóstico que permita precisar la magnitud de este fenómeno en términos de número de desplazados, de dónde provienen y a hacia dónde se dirigen, ni garantías en su bienestar social después del desplazamiento. Esta investigación se enmarca en el ODS 13 (Acción por el clima), ya que es urgente adoptar medidas para combatir el cambio climático y fortalecer la resiliencia y

la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales.

Tabla 1. Número de afectados ocasionados por desastres naturales entre 2010 y 2014

Subregión	Municipio	Afectados
Bajo Cauca	Caucasia Nechí	100 327 47 026
Urabá	Apartadó Turbo	74 177 70 835
Magdalena Medio	Yondó Puerto Triunfo	35 503 17 246
Suroeste	Santa Bárbara Venecia	20 071 7 991
Norte	Ituango Angostura	17 611 5 874
Oriente	Rionegro San Rafael	12 690 8 036
Nordeste	San Roque Vegachí	8 472 8 454
Valle de Aburrá	Caldas Bello	8 157 7 409
Occidente	Liborina Frontino	3 049 2 991

Referencias

Aoun, M. y Koubar, S. H. (2020). Impact of Forced Human Migration on Management of End-Stage Kidney Disease in Host Countries. *Seminars in Nephrolofy*, *40*(4), 363-374. https://doi.org/10.1016/j.semnephrol.2020.06.004

van der Geest, K., Burkett, M., Fitzpatrick, J., Stege, M. y Wheeler, B. (2020). Climate change, ecosystem services and migration in the Marshall Islands: are they related?. *Climatic Change*, *161*, 109-127. https://doi.org/10.1007/s10584-019-02648-7

Gobernación de Antioquia. (2020). *Plan de Desarrollo "Unidos por la vida" 2020-2023*. https://plandesarrollo.antioquia.gov.co/archivo/PlanDesarrolloUNIDOS_VF-comprimido-min.pdf

Podesta, J. (25 de julio de 2019). *The climate crisis, migration, and refugees*. Brookings. https://www.brookings.edu/research/the-climate-crisis-migration-and-refugees/

---

* e-mail: szuliani@udemedellin.edu.co

ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres

Páramos andinos: ecología, biodiversidad y contribuciones al bienestar humano

Ángela María Zapata Guzmán[1*], María Jacoba Salinas Bonillo[2], Javier Cabello Piñar[3]

[1] Máster oficial en Uso Sostenible de los Recursos Naturales y Servicios Ecosistémicos, UAL / especialista en Educación, UPB / licenciada en Educación y tecnóloga agroambiental, Tecnológico de Antioquia I.U., [2] Profesora titular del Departamento de Biología y Geología, UAL / doctora en Ciencias Biológicas, [3] Profesor titular Departamento de Biología y Geología, UAL / doctor en Biología Vegetal, Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global

Se realizó una revisión de información caracterizando, a nivel de bioma, los páramos andinos, su gestión ambiental frente a los servicios ecosistémicos, conservación, afectaciones de cara al cambio climático, actividades antrópicas que amenazan su integridad, resiliencia y funcionamiento, centrando el tema de estudio en ecosistemas terrestres saludables, funciones ecológicas, biodiversidad y contribuciones al bienestar humano para Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, en la zona andina del trópico húmedo suramericano.

La investigación realizada siguió una metodología tipo estado del arte, como una modalidad de la investigación documental. Al inicio se siguió dicho parámetro para realizar la búsqueda sistemática de literatura científica en bases de datos como

referentes propuestos: WOS y Scopus, con metodología Prisma para literatura científica bajo el modelo Europeo de un Trabajo Final de Máster (TFM), pero, una vez clasificada y evaluada la información obtenida, dio como resultado que estas consultas no resolvían algunos planteamientos propuestos, como la caracterización del bioma, o se encontraban enfocadas en estudios específicos por pequeñas zonas o regiones, entre otras variables encontradas que no recogían un panorama general de los ecosistema de páramos andinos, estrictamente dicho, bajo la mirada americana de L. Holdrige y no de la escala europea de sus ecosistemas.

Entendiendo el contexto anterior, se generó una nueva necesidad de buscar información bajo otra metodología para hallar referidos y otras publicaciones de los autores indexados o entidades con investigaciones publicadas, como fuentes primarias o estudios colegiados referentes a la materia, aplicando una metodología de bola de nieve, para la búsqueda sistemática de literatura gris (documentos técnicos y normativos), dando como resultado que se encuentra más información relevante para este estudio en habla hispana, lo que llevó a utilizar buscadores en el motor de búsqueda de Google mediante operadores booleanos para búsquedas efectivas en internet.

Así mismo, se utilizaron comandos de búsqueda de información técnica para encontrar archivos tipo comando = *filetype:* y *.shape* (ShapeFile), para hallar archivos de sistemas de información geográfica (GIS) haciendo una recopilación actualizada en una construcción cartográfica con 133 zonas biogeográficas, como aporte al conocimiento, que responden a unidades de ecosistemas de páramos húmedos tropicales sobre la cordillera andina, a partir de una acumulación de información técnica, identificación ecosistémica y descarte de unidades geográficas en cada uno de los países, hasta dar

con los polígonos encontrados para el ecosistema descrito. Como referente, se tomó la base de datos cartográfica que se tiene bajo la figura de protección reportada por los países ante la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Con los datos obtenidos en su página de Protected Planet, se descargó cada polígono identificado para Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Estos fueron contrastados con los hallazgos de los comandos de búsqueda. Finalmente, se consultaron los ShapeFiles del tema con entidades, expertos con datos abiertos, otras generadoras de bases de datos cartográficas y autoridades ambientales para alimentar el mapa de páramos andinos, obteniendo como resultado un modelo de intersección de capas digitales realizada para evaluar el nivel de identificación, protección y delimitación del ecosistema.

Tabla 1. Características de los páramos andinos por países

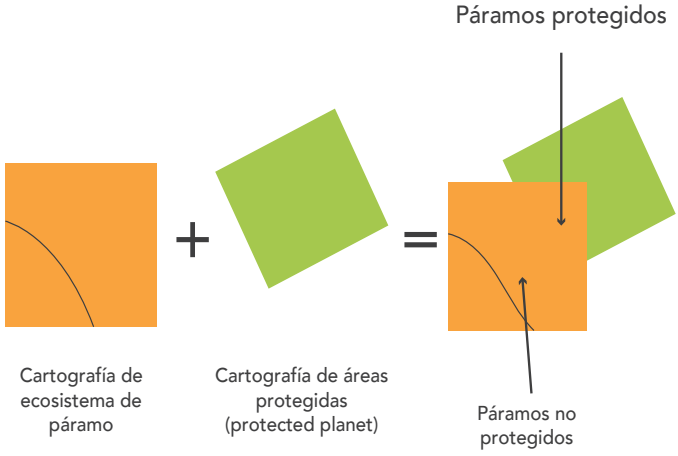
Colombia	Se distribuyen en muchas unidades ("parches"), dispersas sobre todas las montañas (Hofstede, 2020), desde los 3 000 hasta los 4 800 m s.n.m. (International Union for Conservation of Nature y World Commission on Protected Areas, 2010).
Ecuador	Forman grandes extensiones conectadas entre sí (Hofstede, 2020), con excepción de algunos páramos en la Cordillera Occidental (Chimborazo, Cajas) y en el sur (Podocarpus). Se encuentran entre los 3 100 y los 5 000 m s.n.m. (Hofstede et al., 2003).

Perú	Delimitado altitudinalmente como la región suni o jalca, entre los 3 500 y los 4 200 m s.n.m. Comprende las zonas de transición entre los páramos del norte de Sudamérica y la puna del centro y sur de Sudamérica (Britto, 2017).
	No se registran frailejones y dominan los pajonales (herbazales) de Calamagrostis spp., el segundo género más representativo del páramo.
Venezuela	Por encima de los 3 000 hasta los 4 100 m s.n.m. (en el sur del Estado de Mérida hay páramos que comienzan cerca de los 2 500 m s.n.m. (Llambí et al., 2005). La mayor concentración de especies de frailejones está en el macizo de la Sierra Nevada de Mérida, con seis géneros y 63 especies endémicas.

Excepciones en el ecosistema
La puna es más seca que el páramo y presenta mayor estacionalidad anual de temperaturas debido a su localización subtropical (Llambí et al., 2012).
En Colombia, el norte de Ecuador y Venezuela predomina la vegetación de frailejones (Espeletia spp.) como especies representativas del ecosistema, mientras que en el sur de Ecuador predominan los pajonales (herbazales).
En Colombia y Venezuela se han descrito páramos azonales, ubicados en zonas que, por las condiciones físicas, climáticas y ambientales, se encuentran por debajo del límite altitudinal del páramo (Vásquez y Buitrago, 2011).

El mapa contiene 133 zonas biogeográficas, que responden a unidades de ecosistemas de páramos húmedos tropicales sobre los Andes. Con los datos obtenidos de Protected Planet y registrados en UICN, se encontró que la mayoría de los páramos andinos se encuentra bajo la figura de protección II de Parque Nacional Natural para los cuatro países.

Figura 1. Intersección de capas digitales realizada para evaluar el nivel de protección de los páramos de la región andina tropical



Fuente: Elaboración propia.

Factores antrópicos como cambio de vocación del suelo, producción agropecuaria, forestación, minería, degradación del ecosistema, afectación de la capacidad de regeneración vegetal, así como las plagas y las invasiones biológicas, son un tema poco explorado. Un proceso asociado a los cambios de uso del suelo es la paramización.

Hay dos interpretaciones para el término *paramización*, una de carácter ecológico, otra antrópica. La ecológica se presenta cuando el bosque altoandino pierde vegetación y pasa a ser colonizado por vegetación paramuna en altitudes inferiores, y la antrópica se refiere al área ganada por el hombre para áreas con vocación agropecuaria que antes era del páramo en uso de conservación.

Se encontraron áreas de ecosistemas de páramos no clasificadas como áreas protegidas en Protected Planet, algunas con otros nombres. Si bien el territorio de páramo es menor al área declarada, este no se discrimina en los ShapeFiles encontrados, por lo que se han construidos tres mapas aclaratorios para este hallazgo: el de áreas protegidas, a partir de la información descargada de UICN, un segundo de áreas de páramos de las otras fuentes consultadas y un tercero que muestra todas las áreas encontradas con ecosistemas de páramos, aclarando cuántas de ellas se encuentran en áreas protegidas.

A pesar de la homogeneidad ambiental y funcional de los páramos andinos, la amplitud geográfica y la historia evolutiva tienen particularidades propias de cada territorio. En sus suelos, especies y riquezas de vegetación, poseen elevada biodiversidad beta (regional).

Las contribuciones de los páramos a las personas parten de la biodiversidad, funciones ecosistémicas, captura de carbono en suelos (fundamental en el ciclo hidrológico), regulación del clima, polinización y formación de materia orgánica para productividad en la zona andina; son fuente de inspiración y ancestralidad por sus paisajes y también biomas estratégicos para el equilibrio de la región, desde una dimensión sociocultural para la gestión participativa de ecosistemas terrestres saludables.

Figura 2. Servicios ecosistémicos en los páramos andinos

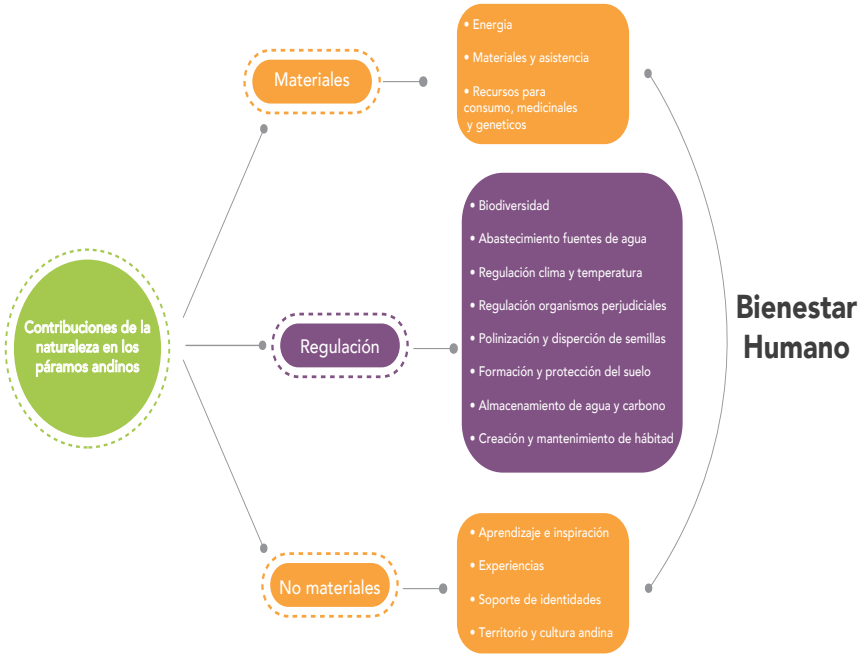
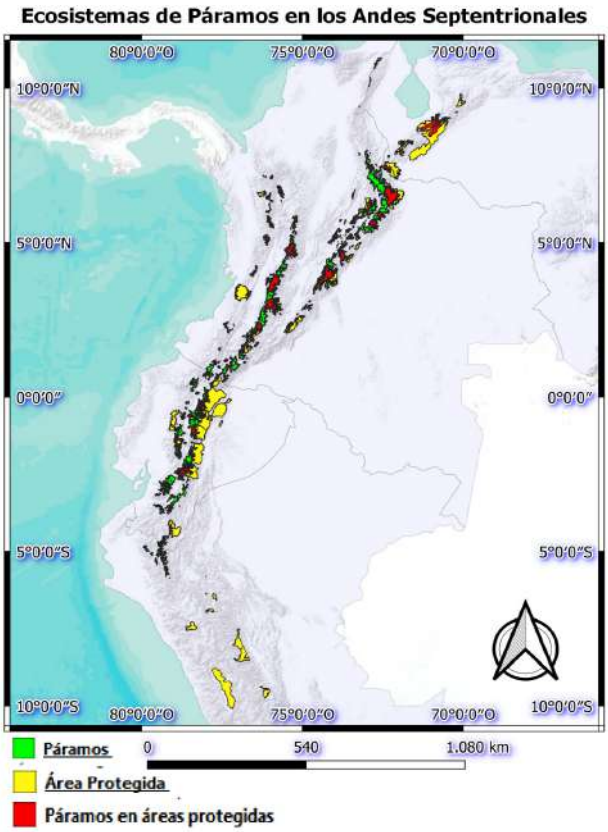


Figura 3. Mapa de páramos andinos



Fuente: Elaboración propia.

Agradecimientos

Al Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (CAESCG), a la Universidad de Almería (UAL) y a Sir Edwin en la revisión de estilo.

Referencias

Britto, B. (2017). Update of the Terrestrial Ecoregions of Peru Proposed in the Red Book of Endemic Plants of Peru. *Gayana Botanica*, *74*(1), 15-29. https://doi.org/10.4067/S0717-66432017005000318

Hofstede, R. (18 de febrero de 2020). *¿Sumapaz es o no es el páramo más grande del mundo?*. Linkedin. https://www.linkedin.com/pulse/sumapaz-es-o-el-p%C3%A1ramo-m%C3%A1s-grande-del-mundo-robert-hofstede/?originalSubdomain=es

Hofstede, R., Segarra, P. y Mena Vásconez, P. (2003). *Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos*. Global Peatland Initiative, NC-IUCN y EcoCiencia. https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/101372-opac

International Union for Conservation of Nature y World Commission on Protected Areas. (2010). *Paramos. Enhancing capacities and coordination to cope with climate change effects*. https://www.iucn.org/es/node/12282

Llambí, L. D., Smith, J. K., Pereira, N., Pereira, A. C., Valero, F., Monasterio, M. y Dávila, M. V. (2005). Participatory Planning for Biodiversity Conservation in the High Tropical Andes: Are Farmers Interested?. *Mountain Research and Development*, *25*(3), 200-205. https://doi.org/10.1659/0276-4741(2005)025[0200:PPFBCI]2.0.CO;2

Llambí, L. D., Soto, A., Celleri, R., de Bievre, D., Ochoa, B. y Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Proyecto Páramo Andino.

Vásquez Cerón, A. y Buitrago Castro, A. C. (2011). *El gran libro de los páramos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://hdl.handle.net/20.500.11761/31389

Bibliografía

Hofstede, R. (2011). Historia, tendencias y perspectivas para el manejo de los páramos. En S. G. Maldonado y B. de Bievre (Eds.), *PARAMUNDI, 2do Congreso Mundial de Páramos. Memorias*. CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquezy, A. y Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN.

Llambí, L. D., Becerra, M. T., Peralvo, M., Avella, A., Baruffol, M. y Díaz, L. J. (2019). Construcción de una Estrategia para el Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia. *Biodiversidad en la Práctica*, *4*(1), 150-172. http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/699

Méndez Polo, O. L. (2019). Los intereses emergentes sobre la alta montaña y la vida campesina: tensiones y contradicciones de la delimitación de páramos en Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, *28*(2), 322-339. https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n2.70549

Ministerio del Ambiente. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Sistema Nacional de Información Ambiental. https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru

Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas. (2019). *El Informe de la Evaluación Mundial sobre la Diversidad Biológica y los Servicios de los Ecosistemas*. Secretariado de IPBES. https://www.ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_es.pdf

Zomer, M. A. y Ramsay, P. M. (2021). Post-fire changes in plant growth form composition and diversity in Andean páramo grassland. *Applied Vegetation Science*, *24*(1). https://doi.org/10.1111/avsc.12554

* e-mail: azapatag@tdea.edu.co

Construcción de una paz ambiental desde la gobernanza y la ética ambiental para el cuidado del páramo La Cortadera, Siachoque, Boyacá

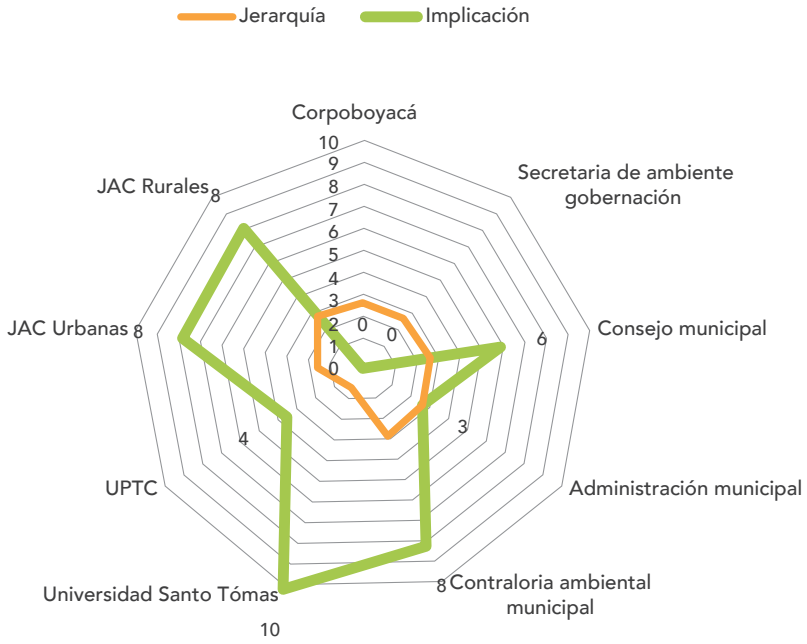
Andrés Felipe Rivera Gómez*, Iván Gustavo Pirazán Cuervo, Jonnathan Abdul Rincón Díaz

Docente investigador de la Universidad Santo Tomás

Siachoque es uno de los cinco municipios de Boyacá que comprenden parte del páramo La Cortadera. Debido a la intervención de la comunidad paramuna dentro del ecosistema altoandino, hay una gran afectación que va desde la contaminación y disminución del recurso hídrico hasta la reducción significativa de la *Espeletia tibamoensis* o frailejón. A esto se le suma el abandono de la comunidad por parte de Corpoboyacá, el surgimiento de conflictos socioambientales y la falta de articulación entre las comunidades veredales y demás instituciones, ocasionada, en parte, por el aumento de la desconfianza de la población hacia entes externos al municipio. Debido a ello, el proyecto en mención tuvo como propósito la promoción de estrategias que permitan la gobernanza para lograr la disminución progresiva de la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos en el páramo y Parque Natural Regional La Cortadera del municipio de Siachoque (Boyacá, Colombia). Para lograr lo anterior, se empleó la metodología de soluciones basadas en la naturaleza (SbN), la investigación-acción (IA) y el desarrollo rural participativo (DRP). La propuesta tuvo tres fases. En la

primera se desarrollaron talleres con la comunidad acerca del diagnóstico y reconocimiento del estado actual del páramo y la formación para el cuidado del mismo; en la segunda se hizo la sistematización de la información y en la última fase se hizo la socialización de resultados con la comunidad. Gracias a lo anterior, se evidenciaron problemáticas como la ampliación de la frontera agrícola, la intensificación de la ganadería, la pérdida de la *Espeletia tibamoensis*, especie endémica conocida como frailejón, la contaminación y disminución de algunas fuentes hídricas y los conflictos socioambientales entre la misma comunidad por el cultivo de papa en zona paramuna (Hernández y Lizarazo, 2015). A la vez, se logró la formación en gobernanza ambiental como estrategia de trabajo cooperativo y colaborativo entre todos los agentes del municipio en pro del cuidado del páramo, prácticas ambientales para el aprovechamiento de la tierra y la sostenibilidad ambiental y, por último, biotecnología vegetal como estrategia para la restauración y conservación de ecosistemas de alto andino (Bohórquez-Quintero *et al.*, 2016). Para el grupo investigador, el desafío más grande dentro de la comunidad es implementar e impulsar la gobernanza para lograr soluciones a las necesidades socioambientales desde la misma comunidad y del ecosistema, tal como lo sustentan los métodos SbN y DRP, esto último en pro de dar cumplimiento a la meta 15.4 correspondiente al ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), puesto que señala: "Para 2030, velar por la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible" (Naciones Unidas, s.f.). Un ejercicio sólido de gobernanza y, más aún, de gobernanza ambiental, logrará una comunidad de diálogo y de encuentro que podrá seguir con su cotidianidad pero, esta vez, desde un bien común que involucre también los ecosistemas.

Figura 1. Matriz de involucrados



Fuente: Iván Gustavo Pirazán Cuervo, elaboración propia.

Referencias

Bohórquez-Quintero, M. A., Araque-Barrera, E. J. y Pacheco-Maldonado, J. C. (2016). Propagación *in vitro* de *Espeletia paipana* S. Díaz y Pedraza, frailejón endémico en peligro de extinción. *Actualidades Biológicas*, *38*(104), 23-36. http://dx.doi.org/10.17533/udea.acbi.v38n104a03

Hernández, D. R. y Lizarazo, L. M. (2015). Bacterias heterotrofas y oligotróficas en zonas conservadas e intervenidas del páramo de La Cortadera, Boyacá, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *18*(2), 475-483. https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n2.2015.178

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivo 15: Gestionar sostenible mente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/

---

* e-mail: andresriverag@usantotomas.edu.co

Árboles dispersos en paisajes modificados del Magdalena medio aportan en la entrada de ortofosfato al suelo a través de los flujos de partición de la precipitación

Santiago Vásquez Sogamoso*, Kelly Leani Quintero, Joan Amir Arroyave Rojas

Grupo Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia

Los ecosistemas tropicales presentan limitaciones de nutrientes en el suelo, como el fósforo, que pueden condicionar su composición, estructura y funcionamiento (Hou *et al.*, 2020). Esta limitación se intensifica con la pérdida de biodiversidad derivada de la fragmentación de los ecosistemas, que es más intensa en los trópicos. Los bosques húmedos, en la cuenca del Magdalena Medio colombiano, han sido transformados debido a la presión por la actividad agrícola y ganadera y los cultivos ilícitos, dejando como resultado un paisaje dominado por árboles dispersos y relictos de bosque (Cantillo y Garza, 2022). El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia de los rasgos funcionales en capacidad que tienen diferentes especies de árboles dispersos nativos del bosque húmedo colombiano modificado, en la circulación y deposición de agua y fosfato al suelo, por medio de los flujos de partición de la precipitación: precipitación interna y

escorrentía cortical. En este estudio, cuantificamos los flujos de partición de la precipitación en 16 eventos individuales, para 16 individuos de cuatro especies de árboles dispersos nativos del bosque húmedo modificado en la cuenca media del Magdalena: *Cariniana pyriformis*, *Cedrela odorata*, *Luehea seemannii* y *Nectandra reticulata*. En cada individuo medimos nueve rasgos funcionales: altura de la copa, área de la copa, densidad de la copa, índice de ramificación, área foliar, densidad × volumen, cobertura de epífitas, ángulo de la rama principal y diámetro. Además, instalamos una estación meteorológica en la zona de monitoreo, para caracterizar cada evento de precipitación en función de sus variables hidrometeorológicas (velocidad y dirección del viento, temperatura, días anteriores al evento e intensidad de la precipitación). En nuestros resultados, observamos que la precipitación incidente no sobrepasó el límite de detección para las concentraciones de fosfato, mientras que las especies *N. reticulata* y *L. seemannii* presentaron las mayores concentraciones en los flujos de partición de la precipitación, mostrando contribuciones significativas en las concentraciones que llegan al suelo, lo cual resalta la importancia de la interacción entre las estructuras del dosel con los flujos de la precipitación para contribuir en la circulación de fosfato hacia la superficie. Nuestros resultados sugieren que las características estructurales de los árboles dispersos, como mayor área foliar, densidad de la copa e índice de ramificación, pueden tener un efecto positivo en la dinámica local del agua que llega al suelo, con efectos potenciales en la reducción de la evaporación y el mantenimiento de la humedad (Benegas *et al.*, 2021), procesos que potencialmente favorecen el intercambio biogeoquímico (Van Stan y Pypker, 2015). Encontramos relaciones significativas entre una combinación característica de rasgos, como mayor área foliar, densidad de la copa y cobertura de epífitas, con el fosfato que llega a la

superficie (Tabla 1), comportamiento asociado a procesos de interceptación de aerosoles y a la circulación e intercambio de nutrientes en el dosel (Suescún *et al.*, 2021). Estos resultados muestran la influencia de los rasgos funcionales en la circulación y transporte de elementos limitantes, como el fósforo, al suelo, resultados que pueden contribuir en el manejo y la gestión de ecosistemas modificados, mediante la identificación de características funcionales que ayuden al diseño de estrategias y el restablecimiento de ecosistemas transformados.

Tabla 1. Coeficientes de relación entre los rasgos funcionales

Rasgos / concentraciones	[PO4-P] P.int	[PO4-P] Ec	Dn PO4-P
AC (m)	0.72(0.38)	0.68(0.41)	0.81(0.33)
Área C (m²)	-0.82(0.35)	-0.71(0.46)	-0.84(0.31)
DC (porcentaje)	0.76(0.65)	0.60(0.57)	0.62(0.57)
IR ()	-0.63(0.54)	0.74(0.23)	-0.68(0.31)
ARP (°)	-0.42(0.15)	-0.15(0.02)	-0.46(0.20)
DAP(m)	-0.33(0.04)	-0.41(0.25)	-0.27(0.01)
d×V	0.54(0.33)	0.02(0.12)	0.71(0.23)
AF (cm²)	0.62(0.73)	0.75(0.64)	0.60(0.63)
CE (cm²)	0.87(0.53)	0.72(0.62)	0.84(0.50)

Nota: altura de la copa (AC), área de la copa (área C), densidad de la copa (DC), índice de ramificación (IR), área foliar (AF), densidad × volumen (d×V), cobertura de epífitas en el tronco (CE), ángulo de la rama principal (ARP) y diámetro (DAP). Con los flujos de PO_4-P que llegan al suelo, precipitación interna (P.int), escorrentía cortical (Ec) y deposición neta (Dn) en especies arbóreas aisladas en ecosistemas modificados. () significancia de las correlaciones.

Agradecimientos

A la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, por financiar y hacer posible este trabajo de investigación, y la colaboración en campo de María Eugenia Aguirre, Milady Guzman y Maribel Aguirre.

Referencias

Benegas, L., Hasselquist, N., Bargués-Tobella, A., Malmer, A. y Ilstedt, U. (2021). Positive Effects of Scattered Trees on Soil Water Dynamics in a Pasture Landscape in the Tropics. *Frontiers in Water*, *3*. https://doi.org/10.3389/frwa.2021.736824

Cantillo, T. y Garza, N. (2022). Armed conflict, institutions and deforestation: A dynamic spatiotemporal analysis of Colombia 2000-2018. *World Development*, *160*. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106041

Hou, E., Luo, Y., Kuang, Y., Chen, C., Lu, X., Jiang, L., Luo, X. y Wen, D. (2020). Global meta-analysis shows pervasive phosphorus limitation of aboveground plant production in natural terrestrial ecosystems. *Nature Communications*, *11*. https://doi.org/10.1038/s41467-020-14492-w

Suescún, D., Villegas, J. C., León, J. D. y Correa-Londoño, G. A. (2021). Observational Insights on the Effects of Land Use and Precipitation Seasonality on Water-driven Circulation of Phosphorus in the Tropical Andes. *Water, Air, & Soil Pollution*, *232*. https://doi.org/10.1007/s11270-021-05195-z

Van Stan II, J. T. y Pypker, T. G. (2015). A review and evaluation of forest canopy epiphyte roles in the partitioning and chemical alteration of precipitation. *Science of The Total Environment*, *536*, 813-824. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.134

---

* e-mail: santiago.vazquez@colmayor.edu.co

Comparación de lodos industriales como sustratos en el desarrollo de plántulas de café

Andrea Anchila-Arteaga, Natalia Andrea Arboleda-López*, Kimberly Xiomara Góez-Sauceda, Sara Paola Vergara-Echeverri

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Cuando la sociedad se industrializa intensificando la producción y aumentando la concentración humana en los núcleos de población, los subproductos ya no tienen utilidad, transformándose en residuos que "hay que tirar". Estos residuos, que en un principio se descomponen en la naturaleza, aumentan su volumen, se acumulan sin descomponerse y originan problemáticas socioambientales (Barradas Rebolledo, 2009). Los residuos agropecuarios e industriales presentan propiedades favorables para su incorporación al suelo agrícola, como la riqueza en materia orgánica, nutrientes de gran interés no solo en nitrógeno, fósforo y potasio, sino también en oligoelementos, abundancia de agua y fuente de microorganismos necesarios para el suelo. Es así como el compostaje es una alternativa para la reducción y aprovechamiento de dichos residuos, proporcionando ventajas como menor producción de aguas lixiviadas y menor impacto al suelo y a las aguas subterráneas. Por lo anterior, esta investigación tiene como objetivo medir el efecto de sustratos de origen industrial en el desarrollo de plántulas de café de la variedad F6 en un almácigo. El estudio se realizó en Jardín (Antioquia), utilizando un diseño de bloques

completos al azar, con tres repeticiones para cada uno de los tratamientos evaluados; cada unidad experimental contiene 32 plántulas ubicadas en el almácigo. Los tratamientos son combinaciones de suelo y sustrato en porcentajes definidos peso a peso. En total se consideran 10 tratamientos. Al suelo utilizado se le realizaron análisis de N-P-K y de presencia de calcio, magnesio y sodio. Como fuente de abono orgánico se utilizan lodos de origen industrial producidos en empresas de Medellín. De acuerdo con los diferentes tratamientos de lodos provenientes de industrias a 30, 45 y 60 días de haber colocado los sustratos en diferentes concentraciones (75%, 50% y 25%), estadísticamente han presentado variaciones comparado con el testigo. Las muestras del tratamiento A1, B4 y C7 corresponden a los sustratos en concentración del 75%; estos lodos han surtido diferencias con respecto al testigo en altura de la planta y longitud de hipocótilo, siendo el sustrato de la industria de alimentos (C7 75%) la mayor diferencia en la altura de la planta, 3.8 cm, y sin crecimiento de hojas con respecto al testigo. De acuerdo con los resultados del procesamiento de 355 muestras, el tratamiento correspondiente al 25% del sustrato cuenta con condiciones de altura y diámetro levemente inferiores al tratamiento con sustrato tradicional para la plantación del café variedad F6. Esta investigación, al estudiar el uso de lodos provenientes de salidas de procesos de producción para ser utilizados como base de los sustratos en la siembra de café, apunta al ODS 12 (Consumo y producción sostenibles), que trata de desarrollar lineamientos en los que se realice más con menos, en términos de eficiencia de los recursos, y promover estilos de vida saludables; específicamente en las metas 12.4, 12.5 y 12.6, hace alusión a la gestión ecológica y racional de los productos químicos a lo largo del ciclo de vida, a la prevención y minimización de la generación de desechos, a la promoción del aprovechamiento de los materiales y a la reutilización.

Tabla 1. Resultados parciales de muestras analizadas

Sustrato	Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Longitud hipocótilo (cm)	Diámetro tallo (mm)	Número de hojas	Peso verde
Industria curtimbre	A1 (75%)	13.8	6.00	0.29	3.1	0.9
Industria curtimbre	A2 (50%)	14.5	5.37	0.29	3.4	1.0
Industria curtimbre	A3 (25%)	14.4	5.37	0.29	3.1	1.0
Industria pintura y construcción	B4 (75%)	13.0	5.55	0.28	2.0	0.7
Industria pintura y construcción	B5 (50%)	13.4	5.69	0.29	2.1	0.8
Industria pintura y construcción	B6 (25%)	15.5	5.73	0.29	2.8	1.0
Industria alimentos	C7 (75%)	11.2	4.76	0.27	1.9	0.6
Industria alimentos	C8 (50%)	12.4	5.24	0.28	2.6	0.7
Industria alimentos	C9 (25%)	12.6	4.51	0.28	2.9	0.8
Sustrato tradicional	**T10**	**15.0**	**5.17**	**0.29**	**3.4**	**0.9**
Total muestras = 355						

Referencias

Barradas Rebolledo, A. (2009). *Gestión integral de residuos sólidos municipales: estado del arte*. UPM.

---

* e-mail: natalia.arboleda@colmayor.edu.co

Evaluación de la sostenibilidad de sistemas socio-ecológicos en cuencas hidrográficas

Yésica Gómez Jaramillo[1*], Lina Berrouet Cadavid[1], Linda Berrío Giraldo[2], Clara Villegas Palacio[2]

[1] Grupo de Investigación en Ecología Aplicada, Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, [2] Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

El objetivo de este trabajo consistió en consolidar un marco conceptual y operativo para el análisis de la sostenibilidad de sistemas socio-ecológicos en cuencas hidrográficas, atendiendo a retos identificados en la literatura, como: i) la falta de claridad en la definición de sostenibilidad socio-ecológica y, en consonancia con esto, enfoques operativos inconsistentes o limitados para abordar la evaluación bajo la perspectiva socio-ecológica (Angilella *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2012); ii) la no inclusión de características inherentes a dicha perspectiva (i. e. enfoque holístico, retroalimentaciones, límites ecológicos) que determinan umbrales en el funcionamiento de estos sistemas (Little *et al.*, 2016; Banos-Gonzalez *et al.*, 2018; Kovacs *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2012), y iii) el desarrollo de marcos operativos sin sustento conceptual. Para esto se realizó una revisión y sistematización de literatura que permitió establecer el enfoque conceptual y la identificación de variables e indicadores para la medición

de la sostenibilidad. Este resultado será validado mediante una consulta a expertos y aplicado a un estudio de caso para evaluar la capacidad del marco operativo. El análisis propuesto se consolidó desde un enfoque de sostenibilidad fuerte, articulando tres elementos:

1. El capital natural que determina el funcionamiento ecológico, donde se consideran sus límites ecológicos y, de forma conexa, la oferta de servicios ecosistémicos que sustentan. Para esto se consideraron variables de regulación hídrica y control de la erosión, dada su importancia en la provisión de servicios que garantizan la seguridad hídrica.

2. Los beneficios a la sociedad para alcanzar niveles de bienestar mediante las variables de acceso a recursos y servicios básicos, estabilidad económica y características sociales y humanas.

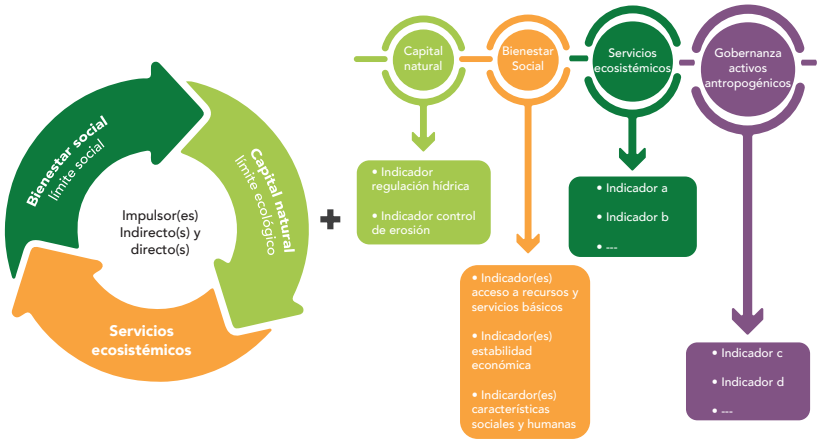
3. Cómo los procesos de toma de decisión, los patrones de uso e intervenciones, mediados por la gobernanza, y los activos antropogénicos del sistema social influyen en el mantenimiento del capital natural, la provisión de servicios y el mismo bienestar social.

A partir del capital natural, el bienestar social y sus respectivos límites, se pueden identificar estados de sostenibilidad en los sistemas socio-ecológicos ante impulsores de cambio endógenos o exógenos. Este tipo de enfoques conceptuales y operativos brindan información que puede sustentar y direccionar de forma asertiva los procesos de planificación de los territorios y entender las trayectorias de cambio, con miras a mejorar la resiliencia, dado que se podrán identificar aquellas variables que afectan los límites del capital natural o bienestar social que determinan el estado de sostenibilidad.

ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres

Este trabajo apunta al ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), específicamente a las subtemáticas de: cambios en el uso del suelo y desarrollo económico, relación entre conflictos y cambios ecosistémicos, y estudios socio-ecológicos.

Figura 1. Resumen gráfico. Esquema conceptual y operativo para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas socio-ecológicos



Agradecimientos

Esta investigación es financiada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (MinCiencias) a través del programa "Sostenibilidad de sistemas ecológicos y sociales en la cuenca Magdalena-Cauca bajo escenarios de cambio climático y pérdida de bosques" (Código: 1115-852- 70719) con fondos del Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas.

Referencias

Angilella, S., Catalfo, P., Corrente, S., Giarlotta, A., Greco, S. y Rizzo, M. (2018). Robust sustainable development assessment with composite indices aggregating interacting dimensions: The hierarchical-SMAA-Choquet integral approach. *Knowledge-Based Systems*, *158*, 136-153. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.05.041

Banos-Gonzalez, I., Martínez-Fernández, J., Esteve-Selma, M.-A. y Esteve-Guirao, P. (2018). Sensitivity Analysis in Socio-Ecological Models as a Tool in Environmental Policy for Sustainability. *Sustainability*, *10*(8). https://doi.org/10.3390/su10082928

Kovacs, E., Hoaghia, M.-A., Senila, L., Scurtu, D. A., Dumitras, D. E. y Roman, C. (2020). Sustainability Problematization and Modeling Opportunities. *Sustainability*, *12*(23). https://doi.org/10.3390/su122310046

Little, J. C., Hester, E. T. y Carey, C. C. (2016). Assessing and Enhancing Environmental Sustainability: A Conceptual Review. *Environmental Science & Technology*, *50*(13), 6830-6845. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00298

Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K. y Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, *15*(1), 281-299. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007

* e-mail: ymaria.gomez@udea.edu.co

Beneficios de la clinoptilolita colombiana en la germinación de maíz (*Zea Mays L.*) en suelo arcilloso

Andrea Carolina Corzo Díaz[1*], Juana Alvarado Ibarra[2**]

[1] Fundación Universitaria del Área Andina, [2] Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales, Universidad de Sonora

El objetivo de esta investigación fue evaluar una zeolita natural del tipo clinoptilolita y un fertilizante NPK triple 15 a fin de mejorar las propiedades de un suelo arcilloso doméstico y reducir el tiempo en la germinación de la semilla de maíz al propiciar las condiciones de humedad y disponibilidad de nutrientes. Para este estudio, se realizó una prueba de viabilidad de germinación a 30 ensayos, en los que durante 5 días y cada 6 horas se humedecieron las semillas con 4 mL de agua; así mismo, la tasa de germinación de las semillas se verificó con el desarrollo de las plántulas, en cuanto al grosor y longitud de las radículas principales y secundarias, longitud de coleóptilos y presencia de hojas. En cuanto al diseño experimental, fue de tipo no aleatorio, en el cual se utilizaron 30 macetas de plástico de 88.7 mL de capacidad, identificando un testigo y nueve tratamientos por triplicado, tal y como se muestra en la Tabla 1. Se monitorea el comportamiento de los ensayos durante 3 semanas y se regaron según necesidades del ensayo. Respecto a la prueba de viabilidad, se encontró que a las 48 h se tuvo una germinación en el 70% de las semillas. A las 72 h hubo aparición de raíces secundarias y del coleóptilo. A las 120 h la tasa de germinación fue del 80%, lo

que indica que las semillas lograron llevar a cabo las tres fases del proceso de germinación, iniciando con la imbibición, seguida por la síntesis de proteínas y, finalmente, la fase de crecimiento. En cuanto a la proporción utilizada en cada muestra, se hace un comparativo de los resultados obtenido con respecto a la prueba testigo A y la muestra E, que contiene 65% de suelo, 25% de zeolita y 10% de fertilizante. Se hace evidente el aporte de la zeolita en la capacidad de drenaje, evitando encharcamientos y disminuyendo la posibilidad de aparición de hongos que enferman el germinado; así se mantiene la humedad del suelo y se disminuye la frecuencia de regado. También pudo apreciarse un cambio en la compactación en los experimentos con zeolita. El suelo sin zeolita se compacta mayormente en comparación con los ensayos con zeolita, lo que tiene implicación directa en la distribución de oxígeno y en la uniformidad de la humedad. Finalmente, se concluye que la zeolita tipo clinoptilolita de Colombia mejoró las propiedades del suelo en cuanto a la textura, la permeabilidad y la compactación. Por lo anterior, este trabajo es una alternativa con potencial para recuperar suelos infértiles y así contribuir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15, sobre la vida de ecosistemas terrestres.

Tabla 1. Distribución de porcentajes de materiales para los ensayos

Ensayo / material	Suelo	Clinoptilolita	Fertilizante
A (testigo)	100%	/	/
B	90%	10%	/
C	90%	/	10%
D	70%	15%	15%

Ensayo / material	Suelo	Clinoptilolita	Fertilizante
E	65%	25%	10%
F	50%	35%	15%
G	50%	15%	35%
H	60%	20%	20%
I	60%	30%	10%
J	60%	10%	30%

Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

Besnier Romero, F. y Besnier Romero, R. (1989). *Semillas: biología y tecnología*. Mundi-Prensa Libros.

Castellanos-Navarrete, A., Chocobar-Guerra, A., Cox, R., Fonteyne, S., Govaerts, B., Jespers, N., Kienle, F., Sayre, K. y Verhulst, N. (2013). Contenido de humedad del suelo: guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo. CIMMYT. http://hdl.handle.net/10883/4030

Céspedes León, M. C. (2010). Manejo de la fertilidad del suelo. En M. I. González Arístegui y M. C. Céspedes León (Eds.), *Manual de producción de frambuesa orgánica* (pp. 21-31). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7345

---

* e-mail: andreacacorzo@gmail.com

** e-mail: juana.alvarado@unison.mx

Evaluación de la biofertilización a través de un consorcio microbiológico

Laura Arroyave Acevedo[1*], Carolina García Ávila[2**], Inés Elvira Osorio Giraldo[3***]

[1] Candidata M.Sc. Gestión del Riesgo y Medio Ambiente, Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria, [2] M.Sc. Biotecnología, docente, Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria, Medellín, Colombia, [3] Candidata P.hD. Biotecnología, docente, Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria, Medellín, Colombia

Los suelos tropicales se caracterizan por la baja disponibilidad de nutrientes para las plantas; en consecuencia, los sistemas agrícolas actuales dependen, en gran medida, de fertilizantes a base de fósforo, los cuales se elaboran a partir de la roca fosfórica (RP). La RP es un recurso natural no renovable, de modo que los procesos relacionados con la agricultura podrían representar una crisis de escasez del recurso. Adicionalmente, los modelos de nutrición están enfocados en la sobrefertilización de los suelos, en la cual las plantas no logran asimilar todo el recurso del nutriente, ya que se presenta en formas no solubles. La sobrefertilización conlleva la disminución de microorganismos benéficos para el suelo y las plantas, la contaminación de los suelos y del recurso hídrico, alteraciones en los ecosistemas y pérdidas económicas. El objetivo del proyecto fue evaluar la biofertilización de una planta a través de un consorcio con

microorganismos solubilizadores de fósforo, así como su impacto en la nutrición de la planta y las propiedades del suelo a partir de la determinación del grado de dependencia micorrizal de la planta, la evaluación del efecto del consorcio y la comparación de propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo de siembra. Esta investigación es de tipo experimental, donde la primera etapa tuvo un diseño factorial 2×3 con ocho repeticiones, considerando dos niveles de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como factor A y tres niveles de concentración de fósforo como factor B. La segunda etapa se desarrolló bajo el consorcio con un diseño factorial 4×3 con cinco repeticiones, considerando combinaciones diferentes entre la inoculación del HMA y el microorganismo solubilizador de fósforo (S) como factor A y tres niveles de nutrición diferente (nutrición tradicional, 0.02 mg/L y sin nutrición) como factor B.

En la primera fase experimental mencionada se realizaron diferentes pruebas, entre las que se encuentra la colonización micorrizal. Los resultados de la misma indican gran asociación entre HMA y la planta de investigación, lo cual permitió continuar con el desarrollo metodológico. Posteriormente, en la segunda etapa experimental, se realizaron varias pruebas, una de ellas conocida como conteo de unidades formadoras de colonia (UFC), para verificar la presencia del microorganismo solubilizador de fósforo en las unidades experimentales (repeticiones), donde los resultados fueron positivos. Finalmente, también se llevó a cabo un análisis foliar de fósforo para obtener los resultados de fósforo total absorbido por las hojas de la planta indicadora, a partir del tipo de nutrición, prueba de densidad aparente y análisis de color. Los estudios con enfoque biotecnológico se convierten en herramientas fundamentales para solucionar y mejorar condiciones biológicas y ambientales del medio. De este

modo, este proyecto se orienta hacia el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 (Vida de ecosistemas terrestres), donde los autores esbozan efectos positivos de la rizosfera sobre la biomasa microbiana, los cuales impactan positivamente a escala local y global.

Tabla 1. Diseño factorial 4×3 del consorcio en la segunda fase experimental

Factores		Tratamientos	Repeticiones
Microorganismos	**Nutrición**		
4	3	12	5
HMA + solubilizador (M+S+)	Nutrición tradicional incluyendo P	T1	T1R1 - T1R5
	0.02 mg/L	T2	T2R1 - T2R5
	Sin nutrición	T3	T3R1 - T3R5
HMA (M+S–)	Nutrición tradicional incluyendo P	T4	T4R1 - T4R5
	0.02 mg/L	T5	T5R1 - T5R5
	Sin nutrición	T6	T6R1 - T6R5
Solubilizador (M–S+)	Nutrición tradicional incluyendo P	T7	T7R1 - T7R5
	0.02 mg/L	T8	T8R1 - T8R5
	Sin nutrición	T9	T9R1 - T9R5

Factores		Tratamientos	Repeticiones
Microorganismos	**Nutrición**		
Control (M–S–)	Nutrición tradicional incluyendo P	T10	T10R1 - T10R5
	0.02 mg/L	T11	T11R1 - T11R5
	Sin nutrición	T12	T12R1 - T12R5

Nota: (M+S+) significa implementación de un hongo micorrízico arbuscular, representado como M, y un solubilizador de fósforo, representado como S. Del mismo modo, cuando se muestra el signo negativo en la representación, se indica que no se implementó el microorganismo. P = fósforo.

Agradecimientos

Agradecemos al Semillero de Investigación SIBIOMA, a las docentes asesoras, a Biofertilizar S.A.S. y al Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria por todo el apoyo y soporte en el proceso de investigación.

Bibliografía

Basiru, S., Mwanza, H. P. y Hijri, M. (2021). Analysis of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculant Benchmarks. *Microorganisms*, *9*(1). https://doi.org/10.3390/microorganisms9010081

Emami, S., Alikhani, H. A., Pourbabaee, A. A., Etesami, H., Motasharezadeh, B. y Sarmadian, F. (2020). Consortium of endophyte and rhizosphere phosphate solubilizing bacteria improves phosphorous use efficiency in wheat cultivars in phosphorus deficient soils. *Rhizosphere*, *14*. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100196

Osorio, N. W. (2020). *Biología y fertilidad del suelo: Manual para el estudio de propiedades físicas, químicas y biológicas de la fertilidad del suelo*. Universidad Nacional de Colombia.

Zhao, X., Tian, P., Sun, Z., Liu, S., Wang, Q. y Zeng, Z. (2022). Rhizosphere effects on soil organic carbon processes in terrestrial ecosystems: A meta-analysis. *Geoderma*, *412*. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115739

---

* e-mail: larroy13@tdea.edu.co

** e-mail: cavilaga@tdea.edu.co

*** e-mail: ieosorio@tdea.edu.co

Los peces como herramienta para la enseñanza de la ecología en educación básica secundaria

Edison Fabián Silva-Lozano*, Pamela Andrea Rojas-Mendoza, Camilo Andrés Roa-Fuentes

Investigador grupo Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad (XIUÂ), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Actualmente, la enseñanza de la ecología, a través de las Ciencias Naturales, enfrenta diversas problemáticas al momento de abordarla en el aula. La falta de contextualización de contenidos programáticos ha aportado a generar desinterés y percepción de innecesariedad en el aprendizaje de la ecología (García y Flores, 1999). En relación con lo anterior, se plantea y desarrolla el proyecto bajo el objetivo de implementar la riqueza ictiológica del río Batá, como herramienta para la enseñanza de la ecología, con estudiantes de educación básica secundaria.

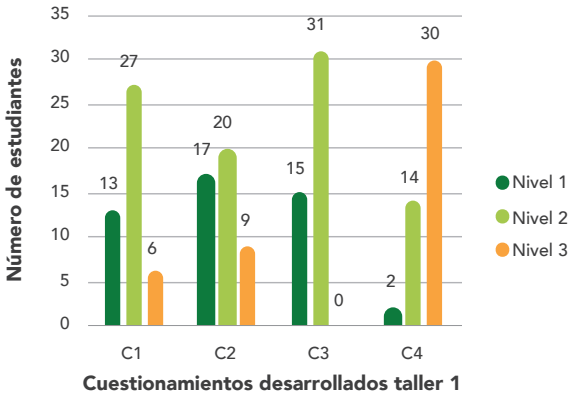
Para ello, inicialmente, se realizó la caracterización de la ictiofauna del río Batá, estableciendo 13 puntos de muestreo, distribuidos en los 43 km de extensión; se implementó un equipo de electropesca y se complementó con red de arrastre y atarraya. Los individuos capturados se anestesiaron y se fijaron en formol al 10%; transcurridas 72 horas, se conservaron en alcohol al 70%.

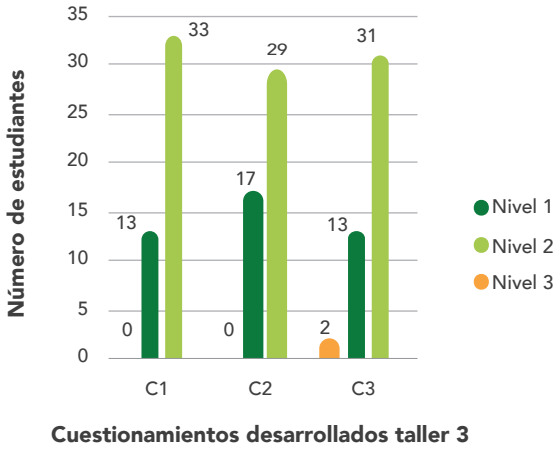
Con la información obtenida anteriormente se generaron y aplicaron tres talleres, articulados con los contenidos programáticos que el Ministerio de Educación Nacional colombiano estableció para el grado séptimo, donde se abordaron diversas temáticas de ecología a través del proceso de indagación, el cual articula el contexto con los conocimientos previos obtenidos en los espacios de enseñanza formal y no formal. En este proceso los estudiantes construyen su propio conocimiento, logrando visualizar la aplicabilidad de lo aprendido en el área de Ciencias Naturales con su realidad (Furman y de Podestá, 2009).

Como resultados, se fijan tres niveles de desarrollo, donde el nivel 1 refiere baja apropiación de los contenidos, el nivel 2 evidencia que el estudiante logra parcialmente dar respuesta a cuestionamientos y relaciona poco lo aprendido con su contexto, mientras que en el nivel 3 el estudiante logra satisfactoriamente responder interrogantes y emplea correctamente los conocimientos para la solución de situaciones hipotéticas. En el desarrollo de los talleres, como se evidencia en la Figura 1, los estudiantes no lograban, en el taller 1, enfocar sus conocimientos previos y las temáticas eran asumidas solo para memorizar, a diferencia del taller 3, donde los estudiantes tienen, en su mayoría, un nivel de desarrollo 3, logrando responder los cuestionamientos con experiencias propias, y conseguían aplicar lo aprendido a situaciones que ocurren en los sistemas hídricos, lo que conlleva a comprender mejor el funcionamiento del contexto a raíz del conocimiento de las especies ictiológicas del río Batá, desde sus características morfoanatómicas hasta las ecológicas. Se concluye que el aprendizaje contextualizado aporta a los estudiantes una visión clara de cómo la ecología es observable en el afluente y cómo se repercute en este a través de actividades como la pesca y de la contaminación.

El desarrollo del proyecto se realizó bajo el ODS número 15 (Vida de ecosistemas terrestres), donde es imperativo visualizar el entorno desde una visión integral en la cual la comprensión de la ecología es aplicable a biomas que conforman los ecosistemas.

Figura 1. Niveles de desarrollo de 46 estudiantes en la implementación de los talleres 1 y 3 sobre ecología





Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Dirección de Investigación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, que, a través de la convocatoria 02 de sostenibilidad, financió el desarrollo del proyecto.

Referencias

García Ruiz, M. y Flores, R. C. (1999). Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Perfiles Educativos*, *21*(83-84), 105-118.

Furman, M. y de Podestá, M. E. (2009). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Aique.

---

* e-mail: edison.silva@uptc.edu.co

Variación de la dieta de la especie exótica invasora Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus Mykiss* Walbaum, 1792) con relación al tamaño corporal, en un río altoandino neotropical

Pamela Andrea Rojas-Mendoza[1*], Camilo Andrés Roa-Fuentes[2], Yimy Herrera-Martínez[2]

[1] Investigador, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo XIUÂ, [2] Docente investigador, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo XIUÂ

El objetivo del presente trabajo fue determinar las preferencias alimentarias de la especie invasora trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y su variación con relación al tamaño en el río Saza (Gámeza), cuenca alta del río Chicamocha, macrocuenca del Magdalena-Cauca, en el municipio de Gámeza (Boyacá). Para ello se realizó la recolecta del material biológico en 10 sitios de muestreo equidistantes, distribuidos en toda la extensión del río. En cada uno de los puntos se muestrearon 100 m utilizando equipo de pesca eléctrica (Smith-Root LR-24), siguiendo una trayectoria de zigzag. Los individuos capturados se fijaron en formol al 10% y, transcurridas 72 h, los ejemplares fueron conservados en solución de alcohol al 70%. Los especímenes de trucha arcoíris se clasificaron en rangos según la longitud máxima corporal, de acuerdo con lo propuesto por Segnini y Bastardo (1995),

obteniendo cuatro rangos de tamaño para 175 individuos, a los cuales se les realizó una incisión desde la abertura anal hasta la base de la boca, cuidando de no perforar el tracto digestivo. Posteriormente, se les retiró la musculatura, hasta dejar descubierta la cavidad celómica, para retirar el tubo digestivo y el estómago. Por último, el contenido estomacal fue almacenado en una solución de alcohol al 70% en tubos Falcon para su posterior análisis.

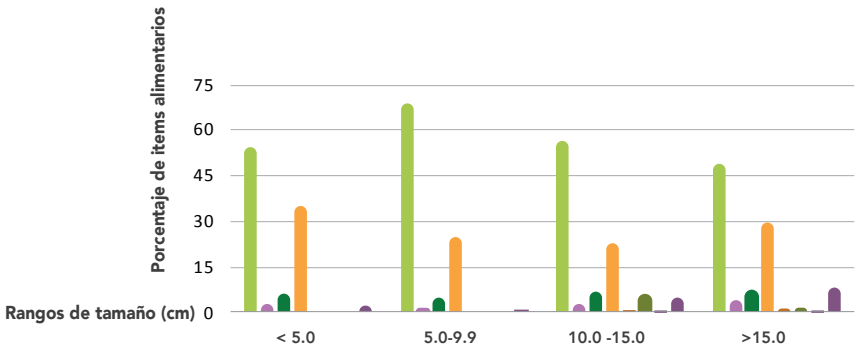
Lo anterior permitió determinar la variación de la dieta de la trucha arcoíris en relación con su tamaño. Como se evidencia en la Figura 1, los ejemplares del rango 1 (< 5.0 cm) y rango 2 (5.0 cm - 9.9 cm) tienen una ingesta de 5 ítems alimentarios, a diferencia de los de rango 3 (10.0 cm - 15.0 cm) y 4 (> 15.0 cm), que logran alimentarse de 8 ítems. Esto, según Castro *et al.*, (2004), se debe a que los individuos de mayor tamaño, a diferencia de los alevines, presentan un comportamiento más oportunista debido a la cantidad que requieren para lograr la saciedad. Del mismo modo, se logra apreciar que, en los cuatro rangos, los individuos se alimentan principalmente de 2 ítems, insectos acuáticos e insectos terrestres, debido a que generalmente son carnívoros, aunque, para lograr establecerse en diferentes afluentes, optan por diversificar su dieta para cumplir con sus requerimientos energéticos (Medina y Paggi, 2004).

Según lo anterior, es posible concluir que esta especie presenta hábitos alimentarios generalistas que se modifican de acuerdo con el tallaje del individuo, lo que reafirma la idea de que, gracias a este comportamiento oportunista, se va adaptando a la disponibilidad del alimento y a los cambios ambientales, por eso su clasificación nacional como especie exótica invasora.

ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres

Este trabajo se encuentra enmarcado en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 15 (Vida de ecosistemas terrestres).

Figura 1. Variación de ítems alimentarios en relación con el tamaño máximo corporal de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)



	< 5.0	5.0-9.9	10.0 -15.0	>15.0
Insectos acuáticos	54.25	69.10	56.54	48.56
Insectos terrestres	2.92	1.14	2.89	3.81
Restos vegetales	6.37	5.00	6.60	7.59
Restos quitinosos	34.69	24.61	22.90	29.25
Escamas	0.00	0.00	0.03	1.30
Restos Minerales	0.00	0.00	6.32	1.16
Semillas	0.00	0.00	0.06	0.30
Material sin identificar	1.77	0.20	4,67	7.96

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Dirección de Investigación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, que, a través de la convocatoria número 19-Jóvenes investigadores, financió el desarrollo del proyecto.

Referencias

Castro, A. M., Forero, E. y Guillot, G. (2004). Algunos aspectos bioecológicos de la Trucha arcoiris en el embalse Pantano Redondo Cundinamarca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, *9*(2), 89-90. https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27350

Medina, A. I. y Paggi, A. C. (2004). Composición y abundancia de Chironomidae (Diptera) en un río serrano de zona semiárida (San Luis, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, *63*(3-4), 107-118.

Segnini, S. y Bastardo, H. (1995). Cambios Ontogenéticos en la Dieta de la Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en un Río Andino Neotropical. *Biotropica*, *27*(4), 495-508. https://doi.org/10.2307/2388963

---

* e-mail: pamela.rojas@uptc.edu.co

Esta publicación se diagramó en Divegráficas S.A.S,
en el mes de Junio de 2023.

www.divegraficas.com

Tecnológico
de Antioquia
Institución Universitaria
VIGILADA MINEDUCACIÓN

UNIVERSIDAD
DE SONORA
"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
TUNJA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
CARTAGENA

UNIVERSIDAD
EL BOSQUE