

# SEMILLAS AMBIENTALES



## BOLETÍN

FOTOGRAFÍA: KAREN MELISA NARANJO RODRIGUEZ  
ISSN: 2463-0691 (EN LÍNEA)

VOLUMEN (18 NO. 1)  
BOGOTÁ - COLOMBIA, ENERO — JUNIO 2024



Unidad de Investigación  
Facultad del Medio Ambiente y  
Recursos Naturales



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



# SEMILLAS AMBIENTALES

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Publicación de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Unidad de Investigaciones de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Boletín Semillas Ambientales Volumen 18 No. 1 Bogotá D.C. Enero—Junio de 2024

ISSN: 2463-0691 (En línea)

Página web del Boletín Semillas Ambientales: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/bsa/index>

**Director - Editor del Boletín Semillas Ambientales**

Juan Pablo Rodríguez Miranda

**Rector**

Giovanny Mauricio Tarazona Bermúdez

**Comité Editorial**

Juan Pablo Rodríguez Miranda

Wilmar Darío Fernández Gómez

Jorge Alonso Cárdenas León

Luz Fabiola Cárdenas Torres

René López Camacho

José Miguel Cepeda Rendón

Maribel Pinilla Rivera

Jhon Edinsson Alvarado Torres

Julio Eduardo Beltrán Vargas

Jairo Miguel Martínez Abelló

Julio Hernán Bonilla Romero

Diana Marcela Trujillo Rodríguez

**Vicerrectora académica**

Mirna Jirón Popova

**Decano Facultad del Medio Ambiente  
y Recursos Naturales**

Wilmar Darío Fernández Gómez

**Director de la Unidad de Investigaciones de la  
Facultad del Medio Ambiente y Recursos  
Naturales**

Juan Pablo Rodríguez Miranda

**Jefe Oficina De Investigaciones - ODI**

Nelson Enrique Vera Parra

**Asistente Comité Editorial y Digitalización**

Maira Alejandra Garzón Saldaña

**Coordinación Editorial**

Juan Pablo Rodríguez Miranda

**Asistente de Unidad de Investigación**

Melisa Naranjo Rodríguez

**Grupo de Revisores del Presente Número**

Juan Pablo Rodríguez Miranda

Jorge Alonso Cárdenas León

René López Camacho

Diana Marcela Trujillo Rodríguez

Fernando Peñaranda

Jairo Miguel Martínez Abelló

Julio Eduardo Beltrán Vargas

**Secretaria Unidad de Investigación**

Lorena Pulido Urrea

**Fotografía de Portada**

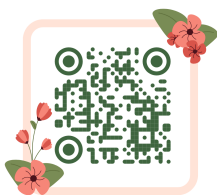
Karen Melisa Naranjo Rodríguez

Correo: [kmnaranjor@udistrital.edu.co](mailto:kmnaranjor@udistrital.edu.co)

Nombre fotografía: Cambios en el ecosistema

Lugar: Huila, Colombia

Fecha: 15 de diciembre de 2015



Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Vivero - Carrera 5 Este N° 15 - 82, Bogotá D.C. Colombia.  
Boletín Semillas Ambientales. Email: [facmedioamb-uinv@udistrital.edu.co](mailto:facmedioamb-uinv@udistrital.edu.co)

**EN MEMORIA DE**

# *Julio Eduardo Beltrán Vargas*



Debido a la profunda tristeza que embarga nuestros corazones por la partida de nuestro compañero, colega y amigo, quien fue integrante del comité de la Unidad de Investigaciones de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, además, de ser un colaborador activo y propositivo en todos los procesos académicos, investigativos y administrativos de nuestra Facultad.

Acompañamos a la familia del profesor Julio Beltrán en estos momentos, nuestros más sinceros sentimientos de comprensión y respeto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>NOTA EDITORIAL</b> .....	5
<b>ARTÍCULOS CIENTÍFICOS</b>	
• Interacción planta - patógeno entre los hongos biotrofos y su huésped .....	6
• Efecto larvicida del extracto etanólico de semillas de <i>Persea americana</i> sobre larvas de <i>Aedes aegypti</i> .....	24
• Fotofiltro de carbón activado (C@TiO <sub>2</sub> ): un enfoque preliminar para el desnitrificado de aguas .....	33
<b>ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN</b>	
• Análisis del conflicto ambiental por expansión urbana en la vereda Los Soches Usme .....	45
<b>RESUMENES TRABAJO DE GRADO</b>	
• Propuesta de un sistema de información ambiental participativo del ecobarrio La Esmeralda .....	56
• Modelo de evaluación de la contaminación descargada en humedales producto de la escorrentía urbana .....	62
<b>DIRECTRICES PARA AUTORES</b> .....	68
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b> .....	73

## **NOTA EDITORIAL**

El Boletín de Semillas Ambientales, con 17 años de existencia (creado desde el año 2007), es una revista de divulgación científica, especialmente para Undergraduate and Postgraduate Research, en donde se construye espacios de intercambios, debates y avances en los trabajos de investigación de estudiantes vinculados a Semilleros y Grupos de investigación, que desarrollan sus procesos de investigación en el área de conocimiento del Ambiente y Recursos Naturales.

En este tiempo de presencia institucional y de acceso libre a su contenido, se han publicado diversos manuscritos de gran interés para la comunidad académica, en las temáticas de saneamiento ambiental, gestión y manejo ambiental, aspectos forestales, elementos de administración, gestión deportiva, topografía y temas de ingeniería, que dan fortaleza al proceso de iniciación científica de los estudiantes de pregrado y posgrado.

En este número, usted como lector, encontrará artículos originales, que dan cuenta de reflexiones, enfoques y opiniones relacionadas, derivadas de los procesos de investigación de estudiantes, orientados por sus tutores y directores (docentes) comprometidos con la formación en investigación de sus estudiantes.

### **JUAN PABLO RODRÍGUEZ MIRANDA**

Editor Boletín Semillas Ambientales (ISSN 2463-0691)

Coordinador Unidad de Investigaciones.

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

## INTERACCIÓN PLANTA-PATÓGENO ENTRE LOS HONGOS BIOTROFOS Y SU HUÉSPED

**Autor:** Johan Stiven Quiroga Sierra<sup>1</sup> – johanquiroga@unicolmayor.edu.co

**Docente asesor:** Ligia Consuelo Sánchez Leal - lconsuelosanchez@unicolmayor.edu.co

### RESUMEN

Las plantas son constantemente atacadas por distintos tipos de microorganismos, causando daños considerables en su estructura y morfología, llevando a grandes pérdidas económicas en el sector agricultor. Por lo general, las plantas pueden contrarrestar o evadir el ataque de patógenos mediante características estructurales e inmunológicas, evitando su penetración y previa colonización. Entre estos microorganismos se pueden encontrar necrótrofos, hemibiotrofos y biotrofos, estos últimos considerados de gran importancia en el cultivo de cereales (trigo, cebada, arroz, lino, entre otros) ya que necesitan de tejido vivo para su supervivencia, colonizando el tejido de la planta por medio de estructuras especializadas denominadas

haustorios, por los cuales adquieren nutrientes y segregan efectores, evitando la detección del sistema inmune de su huésped, entre estos hongos se pueden encontrar mayormente en la literatura referente a los géneros: *Pseudoperonospora*, *Blumeria*, *Puccinia*, *Melampsora* y *Ustilago*. El objetivo de este artículo es dar a conocer aspectos de la interacción planta-patógeno (tipo de patógeno y su respectivo huésped), además de identificar sus plantas hospederas y proteínas efectoras utilizadas para su colonización. Se llevó a cabo una revisión sistemática usando las directrices de la declaración PRISMA, realizando una búsqueda en las bases de datos de Google Académico, PubMed y ScienceDirect entre el rango de tiempo del año 2003 a 2023. Se

---

<sup>1</sup> Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

encontraron 12 plantas huésped de hongos biotrofos, en su mayoría consideradas cereales. Adicionalmente, un total de 20 géneros de hongos biotrofos, de las cuales se identificaron 6 mayormente nombrados en las publicaciones, identificando para cada uno sus principales proteínas efectoras.

### **PALABRAS CLAVES**

Efectores, haustorios, hospedero, hongo, parásito, biotrofo.

### **ABSTRACT**

Plants are constantly attacked by different types of microorganisms, causing considerable damage to their structure and morphology, leading to large economic losses in the agricultural sector. In general, plants can counteract or evade the attack of pathogens by means of structural and immunological characteristics, avoiding their penetration and previous colonization. Among these microorganisms can be found necrotrophs, hemibiotrophs and biotrophs, the latter considered of great importance in the cultivation of cereals (wheat, barley, rice, flax, among others) since they need living tissue for

their survival, colonizing the plant tissue through specialized structures called haustoria, by which they acquire nutrients and secrete effectors, avoiding the detection of the immune system of its host, among these fungi can be found mostly in the literature referring to the genera: *Pseudoperonospora*, *Blumeria*, *Puccinia*, *Melampsora* and *Ustilago*.

The aim of this article is to report aspects of the plant-pathogen interaction (type of pathogen and its respective host), as well as to identify its host plants and effector proteins used for its colonization. A systematic review was carried out using the PRISMA statement guidelines, searching Google Scholar, PubMed and ScienceDirect databases between the time range of 2003 to 2023. Twelve host plants of biotrophic fungi, mostly considered cereals, were found. Additionally, a total of 20 genera of biotrophic fungi were identified, of which 6 were mostly named in the publications, identifying for each their main effector proteins.

**KEYWORDS**

Effectors, haustoria, host, fungus, parasite, biotroph.

**INTRODUCCIÓN**

Las plantas se encuentran constantemente atacadas por una gran variedad de microorganismos, tales como virus, bacterias, hongos, entre otros, causando daños considerables, llegando incluso a grandes pérdidas económicas en el sector agricultor. Normalmente, las plantas compensan el ataque de los patógenos mediante características estructurales que actúan como barreras e impiden que el patógeno penetre o por medio de respuestas bioquímicas produciéndose en sus células y tejidos, las cuales producen sustancias tóxicas para el patógeno (Agrios, 2005). Los mecanismos de protección de las plantas ante sus patógenos han evolucionado, por lo tanto, ellos también han desarrollado estrategias para superar estas defensas. El resultado es la diversificación de patógenos y la aparición de nuevas enfermedades en las plantas.

Las plantas se ven amenazadas por una

variedad de microorganismos durante su crecimiento, incluidos los necrótrofos, los hemibiotrofos y los biotrofos (Lorrain et al. 2019). Estos últimos son conocidos como patógenos o parásitos obligados ya que afectan los tejidos vivos de su huésped, requiriendo esto para su desarrollo y supervivencia, ingresando a la planta por medio de heridas en el tejido o por acción mecánica directa. Los hongos biotrofos colonizan el tejido del huésped a través del crecimiento intracelular de las hifas ramificadas y estructuras especializadas denominadas haustorios por las cuales se absorben los nutrientes y se segregan proteínas efectoras al citoplasma del huésped (Perfect and Green, 2001). Existen distintos tipos de proteínas efectoras secretadas por este tipo de hongos, una de las más estudiadas y encontrada con mayor frecuencia en estos microorganismos es la proteína Avr, cuya función es servir como efector de patogenicidad con funciones positivas en el establecimiento de la infección (Catanzariti et al. 2006), evitando



la detección del sistema inmune de la planta, manipulando y suprimiendo sus defensas, con el fin de evadir los patrones moleculares asociados a patógenos (PAMP) y los factores de reconocimiento de estos patrones (PRR), lo que permite que el hongo colonice el tejido.

Existe una gran variedad de hongos biotrofos obligados, entre ellos se encuentra las especies: *Erysiphe pisi*, *Uromyces appendiculatus*, *Albugo candida*, *Pseudoperonospora cubensis* (causante del mildiu veloso), *Blumeria graminis*, *Puccinia poarum*, *vastatrix*, *Melampsora larici-populina*, *M. laricipopulina*, *M. laricipopulina*, *Puccinia graminis f. sp. tritici* y *Ustilago maydis* los cuales se consideran de importancia fitosanitaria para los agricultores, ya que infectan muchas especies importantes de cereales como sorgo, centeno, trigo, maíz, avena y cebada (Peter Drácatos, n.d.), además de café, tomate, y arroz, generando grandes pérdidas económicas en los cultivos. Por ende, conocer la interacción que existe entre los hongos biotrofos y su huésped, es de gran importancia para su control, diagnóstico y

manejo, evitando su propagación y posteriormente, posibles pérdidas económicas.

El objetivo de este artículo fue conocer la interacción y mecanismos de colonización de los hongos biotrofos al infectar a su huésped, así como identificar la respuesta inmunitaria de las plantas ante este tipo de patógeno, por ende se tomó como fuente de información diferentes bases de datos: Google Academic, PubMed y ScienceDirect en el periodo de tiempo de 2000 a 2023, tomando como referencia para la búsqueda y elección de la información, publicaciones concernientes al tema de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se implemento una revisión sistemática de la lectura científica publicada en el tema de hongos biotrofos y su interacción con las plantas, respetando las directrices de la declaración PRISMA, para la correcta realización de una revisión sistemática.

Fuentes de información: Se efectuó una búsqueda en las bases de datos de Google académico, PubMed y ScienceDirect, con el

objetivo de reunir la información necesaria para conocer los distintos mecanismos de interacción planta-patógeno de los hongos biotrofos y su huésped.

### **Criterios de inclusión**

**Elegibilidad:** Se incluyeron en la búsqueda publicaciones de investigación, experimentales y revisión, en español e inglés que hicieran referencia a la temática tratada.

**Palabras clave:** Para la búsqueda en las bases de datos se emplearon los siguientes términos: “planta hospedante de hongos biotrofos”, “(biotrophic fungi) AND (host)”, “interacción planta-patógeno en hongos biotrofos” y “plant-pathogen interaction in biotrophic fungi“. En algunos casos se utilizó específicamente la especie vegetal que afectan “hongos biotrofos en trigo, avena, centeno, entre otros”.

**Idioma y tipo de lectura:** Para la búsqueda se seleccionaron publicaciones del tipo revisión, investigación y experimentales en español e inglés.

**Extracción de datos:** De cada una de las publicaciones se extrajo el resumen, año de publicación, familias y especies consideradas

hongos biotrofos, familia y especie de planta huésped y proteínas efectoras de estos hongos en el caso de ser mencionadas. Esta información fue recolectada y almacenada en una base de datos propia.

### **Criterios de exclusión**

Se realizó la revisión de los títulos y resúmenes para descartar aquellas publicaciones que no cumplían con la temática abordada en la revisión.

**Teniendo en cuenta:**

**Año de publicación:** Se tomaron publicaciones del periodo de tiempo comprendido entre 2003 al 2023, toda publicación que no se encontró entre este rango de tiempo no fueron tomadas en la revisión.

**Publicaciones repetidas:** Utilizando una base de datos propia se excluyeron las publicaciones que por título se encontraron repetidas.

Según los criterios de búsqueda se realizó una selección basada en título, resumen, posteriormente se analizó el texto completo, de los cuales se excluyeron aquellos que no

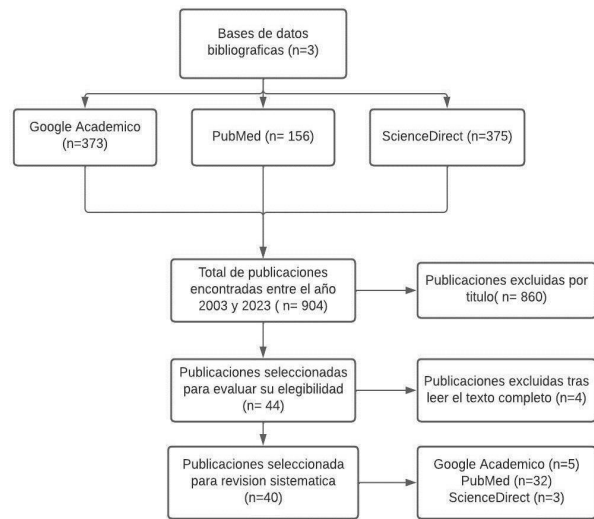
mencionaran hongos biotrofos y la interacción de estos con las plantas.

**RESULTADOS**

Considerando los criterios de inclusión se obtuvo un total de 904 resultados en el rango de tiempo del año 2003 a 2023 (Google académico: 373, PubMed: 156 y ScienceDirect: 375), se evaluaron según su título y resumen, siendo eliminados 860 publicaciones, ya que no cumplían con los criterios de selección formulados, en base al tema de estudio. Las 44 publicaciones restantes se descartaron 4, tras la lectura de texto completo. Obteniendo un total de 40 publicaciones para realizar la revisión (Figura 1).

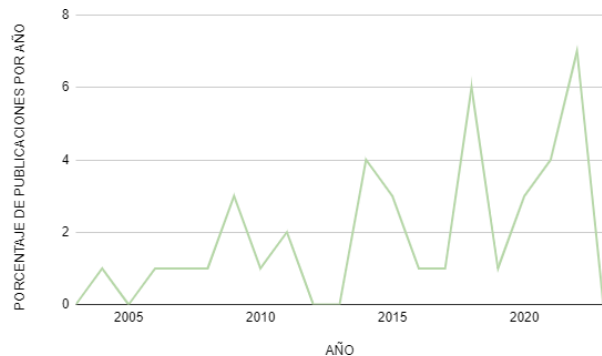
En la figura 2 se encuentran el porcentaje de publicaciones por año, en donde se observa que la mayor cantidad de estas fueron publicadas en el rango de 2014 a 2022 (74.19%), denotando un mayor interés por este tipo de patógenos y su incidencia en cultivos, además, se evidenció que, en los años 2003, 2013 y 2012 no se identificaron publicaciones con los criterios de inclusión seleccionados.

**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de selección e identificación de publicaciones incluidos en la revisión sistemática.



**Fuente:** Autor, 2024

**Figura 2.** Porcentaje de publicaciones por año.



**Fuente:** Autor, 2024

En las publicaciones revisadas se encontró un total de 12 plantas hospedantes de hongos biotrofos, se registraron en una tabla según su nombre y género, constatando su nombre correcto en la plataforma “The plant list”,

luego se realizó un gráfico en el que se evidencia que las plantas hospedantes mayormente encontradas en la revisión son: el trigo, mencionado en 15 publicaciones, seguido por el maíz en 9 y la cebada en 8, continuando con el tomate y el lino nombrado en 6 y por último el café 5 publicaciones, las demás plantas encontradas se registraron entre 1 a cuatro publicaciones (Figura 3).

**Figura 3.** Plantas huésped de hongos biotrofos según publicación.



**Fuente:** Autor, 2024

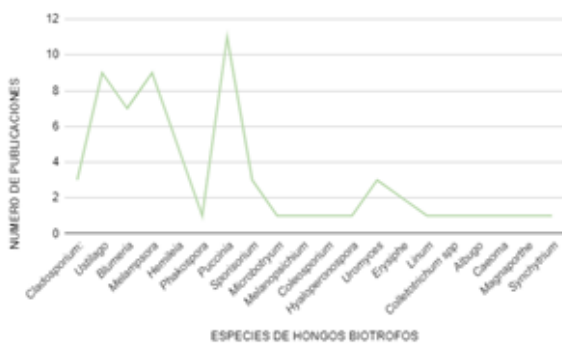
En las publicaciones revisadas, se identificaron un total de 20 géneros de hongos biotrofos, se organizaron en una gráfica en donde, se dividieron por género y sus principales especies. *Puccinia* fue el género mayormente nombrado, describiéndose en 11 publicaciones, seguido por *Ustilago* y *Melampsora* en 9,

*Blumeria* y *Hemileia* en 7 y 6 publicaciones respectivamente. Los demás hongos fueron nombrados entre una a cuatro publicaciones. Del género *Puccinia* se incluyen especies como *Puccinia graminis f. sp. tritici* (Pgt), *Puccinia triticina* (Pt) y *Puccinia striiformis f. sp. tritici* (Pst) nombradas en (Mapuranga, N. Zhang, et al. 2022; Xia et al. 2020) conocidos como hongo de la roya en el tallo y la hoja del trigo, en cuanto a especies del género *Melampsora* se describe mayormente a *M. lini* causante de la roya del lino descrita en (Kemen et al. 2015), para la familia *Blumeria*, se identificó únicamente a la especie *Blumeria graminis* conocida como mildu polvoriento del trigo descrito en (Mapuranga, Chang, and Yang 2022b), por último, la especie más nombrada para el género *Ustilago* y *Hemileia* fue: *Ustilago maydis* y *Hemileia vastatrix* respectivamente (Figura 4).

En la tabla 1 se organizaron cada una de las plantas huésped y se identificaron los patógenos más relevantes para cada una de ellas. El trigo registro el mayor número de

patógenos siendo estos: *P. striiformis f. sp. tritici* (Pst), *P. graminis f. sp. tritici* (Pgt) y *P. tritici*, *Blumeria graminis f. sp. tritici*; para la cebada: *Puccinia coronata*, *Blumeria graminis*, *Ustilago hordei*.; seguido por el maíz: *Ustilago maydis*, *Sporisorium reilianum*; para el tomate se registró: *Cladosporium fulvum*; lino con: *Melampsora lini*; café: *Hemileia vastatrix*; avena: *Puccinia coronata*; Arroz: *Colletotrichum orbiculare*; por último la Soja: *Phakopsora pachyrhizi* y patata: *Synchytrium endobioticum*.

**Figura 4.** Género y especie de hongos biotrofos.



**Cladosporium:** *Cladosporium fulvum*; **Ustilago:** *U. maydis*, *U. hordei*, *U. esculenta*, *U. bromivora*; **Blumeria:** *Blumeria graminis*; **Melampsora:** *M. lini*, *M. larici-populina*, *M. euphorbiae*, *M. hypericorum*, *M. ricini*; **Hemileia:** *Hemileia vastatrix*; **Puccinia:** *P. striiformis f. sp. tritici* (Pst), *P. graminis f. sp. tritici* (Pgt) y *P. tritici*, *P. allii*, *Puccinia bursi*, *P. chrysanthemi*, *P. coronata*, *P. poarum*, *Puccinia arachidis*; **Sporisorium:** *S. reilianum*, *S. scitamineum*, *S. reilianum*; **Microbotryum:** *Microbotryum violaceum*; **Uromyces:** *Uromyces fabae*, *Uromyces appendiculatus*

**Fuente:** Autor, 2024

**Tabla 1.** Planta huésped y su respectivo hongo patógeno.

PLANTA HUÉSPED	HONGO
Trigo	<i>P. striiformis f. sp. tritici</i> (Pst), <i>P. graminis f. sp. tritici</i> (Pgt) y <i>P. tritici</i> , <i>Blumeria graminis f. sp. tritici</i>
Maiz	<i>Ustilago maydis</i> , <i>Sporisorium reilianum</i>
Tomate	<i>Cladosporium fulvum</i>
Cebada	<i>Puccinia coronata</i> , <i>Blumeria graminis</i> , <i>Ustilago hordei</i> , <i>P. graminis</i>
Lino	<i>Melampsora lini</i>
Café	<i>Hemileia vastatrix</i>
Avena	<i>Puccinia coronata</i>
Arroz	<i>Colletotrichum orbiculare</i> , <i>Magnaporthe oryzae</i>
Soja	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>
Patata	<i>Synchytrium endobioticum</i>

**Fuente:** Autor, 2024

Para los hongos que más se describieron en las publicaciones se identificaron sus principales proteínas efectoras, teniendo en cuenta su función en el momento de la invasión y colonización del huésped. Para *Cladosporium*, *Melampsora*, *Blumeria*, *Puccinia* y *Magnaporthe* se describen principalmente las proteínas de avirulecia (Avr), tales como Avr 9, Avr 4, Avr 2, AvrL56, AvrM, AvrP123, AvrP4, AvrSr35, cuya función va dirigida desde suprimir las PTI, inhibir la defensa basal del huésped, hasta evitar la señalización de muerte celular

tal como se describe en (Koeck, Hardham, and Dodds 2011b; Mapuranga et al. 2022). Además de las proteínas Avr, Puccinia, secreta proteínas encontradas únicamente en este género, entre estas Pst\_4 y Pst\_5, encargada de suprimir la acumulación de las especies reactivas de oxígeno (ROS) evitando el estrés oxidativo y la muerte celular (Wang et al. 2021), por otro lado, PSEC2, PSEC17 y PSEC45, evita la deposición de polisacáridos tales como la callosa, afectando la defensa celular de la planta (Su et al. 2021). El género Blumeria también posee una serie de proteínas exclusivas en cada especie CSEP0027, CSEP0139, CSEP0182, CSEP008, CSEP0254, importantes en la supresión de la muerte celular, para la formación de haustorios es esencial la secreción de la proteína CSEP0081 (Zhang et al. 2019).

**Tabla 2.** Principales proteínas efectoras y su respectivo patógeno

Patógeno (Género)	Proteína (Efector)
<i>Cladosporium</i>	Avr2, Avr9, Avr4 y ECP2
<i>Ustilago</i>	Pep1, Rsp1, Cmu1, Tin2 y Hum3 AvrK1 y Avra10, AvrPm2 CSEP0027, CSEP0139, CSEP0182, CSEP008, CSEP0254, CSEP0081, BEC, BEC 4, BEC1011, BEC1019
<i>Blumeria</i>	
<i>Melampsora</i>	AvrL567, AvrM, MLP3734 y AvrP AvrL56, AvrM, AvrP123, AvrP4, AvrSr35 RTP1, Ps87, PEC6, PstHa5a23, PSEC2, PSEC17, PSEC45, PSTG_10917 Pst_4 y Pst_5, PstCFEM1, PstCEP y PsSpg1.
<i>Puccinia</i>	
<i>Magnaporthe</i>	Avr-Pita, Ace1, Pwl1 – Pwl4, AVR y BAS

**Fuente:** Autor, 2024

## DISCUSIÓN

Al analizar las plantas huésped de hongos biotrofos, siendo estos en su gran mayoría cereales, se debe destacar que para cada una existe un hongo patógeno específico, ya que, como se expresa en (Lorrain et al. 2019) estos son patógenos específicos del huésped con ciclos de vida extremadamente complejos y a pesar de que las plantas que colonizan están estrechamente relacionadas, sus condiciones ambientales y de desarrollo pueden cambiar. Un ejemplo de esto se describe en (Peter Drácatos et al. n.d.) en donde se examinó la respuesta del

arroz (pariente lejano del trigo) a los patógenos *P. graminis f. sp. tritici*, *P. triticina*, *P. hordei* y *P. striiformis f. sp. Tritici* del trigo, evidenciando que a pesar del desarrollo un haustorio intracelular, los efectores secretados no causaron efectos importantes en la planta. También es importante destacar la gran cantidad de variantes que existen en las especies de un mismo género debido a que tienen una gran capacidad de mutar y adaptarse, esto se notó en dos poblaciones australianas de la especie *Puccinia striiformis f. sp. Tritici* las cuales se encuentran geográficamente separadas y difieren en su adaptación a la temperatura y la variedad de trigo que pueden llegar a infectar (Loladze, Druml, and Wellings, 2014; Wellings, 2007). Por otro lado, al existir un proceso de coevolución entre huésped-patógeno se logró evidenciar que para algunos hongos biotrofos existen huéspedes ancestrales, tal como se expresa (Peter Drácatos et al. n.d.), en donde afirman que la cebada es huésped atávico de *P. graminis* ya que es susceptible a todas sus

variantes.

Al colonizar plantas específicas, los hongos biotrofos poseen mecanismos de colonización y virulencia característicos para su especie, ingresando a la planta por medio de acción mecánica o heridas en la planta, liberando efectores, evadiendo el sistema inmune del huésped y adsorbiendo sus nutrientes. Se identificó que el patógeno para el tomate es *Cladosporium fulvum*, causante del moho en sus hojas (Koeck et al. 2011), el cual ingresa a la planta sin penetrar la pared celular, libera efectores tales como Ecp 6 para evadir el reconocimiento de las PRR de la planta, al unirse a los oligosacáridos de la quitina (de Jonge et al. 2010). Se encontró como patógeno frecuente del Maíz a *Ustilago maydis* conocido como “hongo del carbon”, este, en comparación con el anterior y como se describe en la revisión de (Kahmann and Kämper 2004) necesita penetrar la pared celular de planta produciendo estructuras infectantes denominadas apresorios, con los cuales,

inicia la proliferación en el huésped. El género *Puccinia* y *Blumeria* se identificaron como patógenos del trigo y la cebada produciendo enfermedades como el mildiu y la roya (Lo Presti et al. 2015), estos ingresan a la planta por medio de los estomas abiertos o heridas en las hojas, se han descrito en diferentes estudios tales como (Mapuranga et al. 2022; Peter Drácatos et al. n.d.) por la gran cantidad de efectores que segregan al momento de ingresar en la planta, además por su variedad de especies, las cuales han generado grandes pérdidas en los cultivos de trigo. *Magnaporthe oryzae* se registró como el patógeno del arroz, cuya estructura especializada se denomina clavija de penetración, con la cual traspasa la pared celular y generando una hifa invasiva por la cual se segregan sus proteínas efectoras, Avr, Ace 1, Plw y BAS analizadas en estudios de (Fernandez and Orth 2018) quienes se encuentran en el citoplasma del arroz y están relacionadas a la supresión de las defensas de la planta. De lo anterior, cabe recalcar que la importancia de los genes y proteínas

efectoras secretadas por cada uno de estos hongos, siendo estas las encargadas de modificar en muchos casos el metabolismo celular a su favor, con el fin de garantizar su supervivencia y desarrollo.

Las proteínas efectoras que se encontraron mayormente en el periodo de tiempo establecido fueron en primer lugar las proteínas de avirulencia (Avr), las cuales son secretadas por gran parte de los patógenos identificados en la revisión. Los Avr tienen distintas funciones de acuerdo al hongo y gen, por el cual es secretado y codificado respectivamente, esto se afirma en el estudio de (Koeck et al. 2011) en el cual, se identificó la función de Avr2, el cual se encarga de inhibir la cisteína proteasa, necesaria para la primera línea de defensa del tomate, por otra parte, Avr4 evita la hidrólisis de la quitina por parte de la planta, por otro lado en (Fernandez and Orth 2018) analizan la función de AvrPm2, AVR-Piz-t, AvrSr35 y AvrSr27 efectores de *Blumeria*, *Magnaporthe* y



*Puccinia* respectivamente, siendo esta la de evitar el reconocimiento de los Avr por parte de la planta y reducir la producción de especies reactivas de oxígeno, para evitar la muerte celular. La defensa de las plantas, va dirigida principalmente a la destrucción de la pared celular del patógeno, así como en generar proteínas de resistencia a los factores de virulencia tal como la proteína R, los efectores CSEP082, CSEP0139, CSEP0027, entre otros, son proteínas segregadas por especies de *Blumeria* de las cuales en (Mapuranga et al. 2022) se describen como las encargadas de regular o suprimir esta resistencia y defensa inmunitaria en la cebada y algunas variantes de trigo, además de promover la virulencia por parte del hongo. Por otro lado, los efectores de *Ustilago* suprimen la activación de ROS, reducen la biosíntesis de lignina, provocando que las paredes celulares de la planta sean más débiles, estas proteínas son PEP1 y Tin2, respectivamente, descritas en (Redkar et al. 2017; Xia et al. 2020).

## CONCLUSIONES

En esta revisión se dieron a conocer las plantas principalmente descritas como huésped de hongos biotrofos, siendo estas el trigo, el maíz, el tomate y la cebada; así como la gran variedad de géneros y especies de estos patógenos, destacándose en las publicaciones revisadas *Ustilago*, *Melampsora*, *Blumeria*, *Hemileia* y *Puccinia*, por otro lado se describió su mecanismo de invasión y silenciamiento de las defensas por parte de sus proteínas efectoras, evidenciando que a pesar de ser géneros completamente distintos y alejados geográficamente, poseen numerosas proteínas en común tales como AVR y PSE. Este artículo es de gran utilidad ya que brinda información práctica y concreta para incentivar nuevas investigaciones, dirigidas al estudio de estos hongos y sus efectores de los cuales en algunos casos aún se desconoce su funcionamiento y actividad en la planta, con el fin de reducir su presencia en los cultivos y evitar pérdidas económicas en los mismos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5). San Diego: Academic Press.
- Catanzariti, Ann Maree. Peter N. Dodds, Gregory J. Lawrence, Michael A. Ayliffe, and Jeffrey G. Ellis. (2006). Haustorially Expressed Secreted Proteins from Flax Rust Are Highly Enriched for Avirulence Elicitors. *Plant Cell*, 18(1). <https://doi.org/10.1105/tpc.105.035980>
- Chaudhari, Prateek, Bulbul Ahmed, David L. Joly, and Hugo Germain. (2014). Effector Biology during Biotrophic Invasion of Plant Cells. *Virulence* 5(7).
- Chen, Wanquan, Colin Wellings, Xianming Chen, Zhengsheng Kang, and Taiguo Liu. (2014). Wheat Stripe (Yellow) Rust Caused by *Puccinia Striiformis f. Sp. Tritici*. *Molecular Plant Pathology* 15(5), 433–46. <https://doi.org/10.1111/mpp.12116>
- Dodds, Peter N., Maryam Rafiqi, Pamela H. P. Gan, Adrienne R. Hardham, David A. Jones, and Jeffrey G. Ellis. (2009). Effectors of Biotrophic Fungi and Oomycetes: Pathogenicity Factors and Triggers of Host Resistance. *New Phytologist* 183(4).
- Fernandez, Jessie, and Kim Orth. (2018). Rise of a Cereal Killer: The Biology of Magnaporthe Oryzae Biotrophic Growth. *Trends in Microbiology* 26(7), 582–97. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.12.007>
- Figueroa, M. Ortiz, D. and Henningsen, E. C. (2021). Tactics of Host Manipulation by Intracellular Effectors from Plant Pathogenic Fungi. *Current Opinion in Plant Biology* 62, 102054. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102054>
- Gadoury, David M., Lance Cadle-Davidson, Wayne F. Wilcox, Ian B. Dry, Robert C. Seem, and Michael G. Milgroom. (2012). Grapevine Powdery Mildew (Erysiphe Necator): A Fascinating System for the Study

- of the Biology, Ecology and Epidemiology of an Obligate Biotroph. *Molecular Plant Pathology* 13(1). <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00728.x>
- Jamil, Shakra, Rahil Shahzad, Shakeel Ahmad, Rida Fatima, Rameesha Zahid, Madiha Anwar, Muhammad Zaffar Iqbal, and Xiukang Wang. (2020). Role of Genetics, Genomics, and Breeding Approaches to Combat Stripe Rust of Wheat. *Frontiers in Nutrition* 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.580715>
  - Jaswal, Rajdeep, Kanti Kiran, Sivasubramanian Rajarammohan, Himanshu Dubey, Pankaj Kumar Singh, Yogesh Sharma, Rupesh Deshmukh, Humira Sonah, Naveen Gupta, and T. R. Sharma. (2020). Effector Biology of Biotrophic Plant Fungal Pathogens: Current Advances and Future Prospects. *Microbiological Research* 241.
  - Kahmann, Regine, and Jörg Kämper. (2004). *Ustilago Maydis*: How Its Biology Relates to Pathogenic Development. *New Phytologist* 164 (1), 31–42. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01156.x>
  - Kemen, Ariane C., Matthew T. Agler, and Eric Kemen. (2015). Host-Microbe and Microbe-Microbe Interactions in the Evolution of Obligate Plant Parasitism. *New Phytologist* 206(4).
  - Koeck, Markus, Adrienne R. Hardham, and Peter N. Dodds. (2011). The Role of Effectors of Biotrophic and Hemibiotrophic Fungi in Infection. *Cellular Microbiology* 13(12), 1849–57. <https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2011.01665.x>
  - Langenbach, Caspar, Ruth Campe, Sebastian F. Beyer, André N. Mueller, and Uwe Conrath. (2016). Fighting Asian Soybean Rust. *Frontiers in Plant Science* 7.
  - Lo Presti, Libera, Daniel Lanver, Gabriëriel Schweizer, Shigeyuki Tanaka, Liang Liang, Marie Tollot,

- Alga Zuccaro, Stefanie Reissmann, and Regine Kahmann. (2015). Fungal Effectors and Plant Susceptibility. *Annual Review of Plant Biology* 66(1), 513–45. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-114623>
- Loladze, A., T. Druml, and C. R. Wellings. (2014). Temperature adaptation in Australasian populations of *Puccinia striiformis f. sp. tritici*. *Plant Pathology* 63(3), 572–80. <https://doi.org/10.1111/ppa.12132>
  - Lorrain, Cécile, Karen Cristine Gonçalves dos Santos, Hugo Germain, Arnaud Hecker, and Sébastien Duplessis. (2019). Advances in Understanding Obligate Biotrophy in Rust Fungi. *New Phytologist* 222(3).
  - Lorrain, Cécile, Arnaud Hecker, and Sébastien Duplessis. (2015). Effector-Mining in the Poplar Rust Fungus *Melampsora Larici-Populina* Secretome. *Frontiers in Plant Science* 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01051>
  - Mapuranga, Johannes, Jiaying Chang, and Wenxiang Yang. (2022a). Combating Powdery Mildew: Advances in Molecular Interactions between *Blumeria Graminis f. Sp. Tritici* and Wheat. *Frontiers in Plant Science* 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1102908>
  - Mapuranga, Johannes, Jiaying Chang, and Wenxiang Yang. (2022b). Combating Powdery Mildew: Advances in Molecular Interactions between *Blumeria Graminis f. Sp. Tritici* and Wheat. *Frontiers in Plant Science* 13.
  - Mapuranga, Johannes, Lirong Zhang, Na Zhang, and Wenxiang Yang. (2022). The Haustorium: The Root of Biotrophic Fungal Pathogens. *Frontiers in Plant Science* 13.
  - Mapuranga, Johannes, Na Zhang, Lirong Zhang, Jiaying Chang, and Wenxiang Yang. (2022). Infection Strategies and Pathogenicity of Biotrophic Plant Fungal Pathogens.

*Frontiers in Microbiology 13.*

- McCombe, Carl L., Julian R. Greenwood, Peter S. Solomon, and Simon J. Williams. (2022). Molecular Plant Immunity against Biotrophic, Hemibiotrophic, and Necrotrophic Fungi. *Essays in Biochemistry* 66(5).
- Padilla-Ramos, Roberto, Silvia Salas-Muñoz, Rodolfo Velásquez-Valle, and Luis Roberto Reveles-Torres. (2018). Un Nuevo Enfoque Molecular En El Estudio de La Interacción Parásito-Hospedero. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology* 37(1). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1808-6>
- Perfect, Sarah E., and Jonathan R. Green. (2001). Infection Structures of Biotrophic and Hemibiotrophic Fungal Plant Pathogens. *Molecular Plant Pathology* 2(2).
- Peter Drácatos, Parque Fraser, and David Singh. (n.d.). Exploring and Exploiting the Boundaries of Host Specificity Using the Cereal Rust and Mildew Models.
- Petre, Benjamin, David L. Joly, and Sébastien Duplessis. (2014). Effector Proteins of Rust Fungi. *Frontiers in Plant Science* 5(AUG).
- Pierre J. G. De Wit, Rahim Mehrabi, Harrold A. Van Den Burg, Ioannis Stergiopoulos. (2009). Fungal Effector Proteins: Past, Present and Future. *Molecular Plant Pathology* 10(6), 735–47. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00591.x>
- Redkar, Amey, Alexandra Matei, and Gunther Doehlemann. (2017). Insights into Host Cell Modulation and Induction of New Cells by the Corn Smut *Ustilago Maydis*. *Frontiers in Plant Science* 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00899>
- Ronnie de Jonge, H. Peter Van Esse, Anja Kombrink, Tomonori Shinya, Yoshitake Desaki, Ralph Bours, Sander Van Der Krol, Naoto Shibuya, Matthieu H. A. J. Joosten, and Bart P.

- H. J. Thomma. (2010). Conserved Fungal LysM Effector Ecp6 Prevents Chitin- Triggered Immunity in Plants. *Science (New York, N.Y.)* 329(5994), 953–55. <https://doi.org/10.1126/science.1190859>
- Schmitz, Lara, Sean McCotter, Matthias Kretschmer, James W. Kronstad, and Kai Heimel. (2018). Transcripts and Tumors: Regulatory and Metabolic Programming during Biotrophic Phytopathogenesis. *F1000Research* 7.
  - Su, Yongying, Yanger Chen, Jing Chen, Zijin Zhang, Jinya Guo, Yi Cai, Chaoyang Zhu, Zhongyuan Li, and Huaiyu Zhang. (2021). Effectors of *Puccinia Striiformis* f. Sp. *Tritici* Suppressing the Pathogenic-Associated Molecular Pattern-Triggered Immune Response Were Screened by Transient Expression of Wheat Protoplasts. *International Journal of Molecular Sciences* 22(9), 4985. <https://doi.org/10.3390/ijms22094985>
  - Tang, Chunlei, Qiang Xu, Mengxin Zhao, Xiaojie Wang, and Zhensheng Kang. (2018). Understanding the Lifestyles and Pathogenicity Mechanisms of Obligate Biotrophic Fungi in Wheat: The Emerging Genomics Era. *The Crop Journal* 6 (1), 60–67. <https://doi.org/10.1016/J.CJ.2017.11.003>
  - Van Der Linde, Karina, and Vera Göhre. (2021). How Do Smut Fungi Use Plant Signals to Spatiotemporally Orientate on and in Planta?. *Journal of Fungi* 7(2).
  - Vossenbergh, Bart. T. L. H., Charlotte Prodhomme, Jack H. Vossen, and Theo A. J. Lee. (2022). *Synchytrium Endobioticum*, the Potato Wart Disease Pathogen. *Molecular Plant Pathology* 23(4), 461–74. <https://doi.org/10.1111/mpp.13183>
  - Wang, Xiaodong, Tong Zhai, Xingmin Zhang, Chunlei Tang, Rui Zhuang, Haibin Zhao, Qiang Xu, Yulin Cheng, Jianfeng Wang, Sébastien Duplessis, Zhensheng

- Kang and Xiaojie Wang. (2021). Two Stripe Rust Effectors Impair Wheat Resistance by Suppressing Import of Host Fe – S Protein into Chloroplasts. *Plant Physiology* 187(4), 2530–43. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab434>
- Wellings, C. R. (2007). Puccinia Striiformis in Australia: A Review of the Incursion, Evolution, and Adaptation of Stripe Rust in the Period 1979 - 2006. *Australian Journal of Agricultural Research* 58(6), 567. <https://doi.org/10.1071/AR07130>
  - Wu, Nan, Ahmet Caglar Ozketen, Yu Cheng, Wanqing Jiang, Xuan Zhou, Xinran Zhao, Yaorong Guan, Zhaoxia Xiang, and Mahinur S. Akkaya. (2022). Puccinia Striiformis f. Sp. Tritici Effectors in Wheat Immune Responses. *Frontiers in Plant Science* 13.
  - Wulff, B. B. H., A. Chakrabarti, and D. A. Jones. (2009). Recognitional Specificity and Evolution in the Tomato -Cladosporium Fulvum Pathosystem. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 22(10).
  - Xia, Wenqiang, Xiaoping Yu, and Zihong Ye. (2020). Smut Fungal Strategies for the Successful Infection. *Microbial Pathogenesis* 142.
  - Zhang, Yi, Kedong Xu, Deshui Yu, Zhihui Liu, Chunfeng Peng, Xiaoli Li, Ju Zhang, Yinghui Dong, Yazhen Zhang, Pan Tian, Tiancai Guo, and Chengwei Li. (2019). The Highly Conserved Barley Powdery Mildew Effector BEC1019 Confers Susceptibility to Biotrophic and Necrotrophic Pathogens in Wheat. *International Journal of Molecular Sciences* 20(18), 4376. <https://doi.org/10.3390/ijms20184376>

## EFFECTO LARVICIDA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE SEMILLAS DE *Persea americana* SOBRE LARVAS DE *Aedes aegypti*

**Autores:** Diana Milena Barrera Camacho<sup>1</sup> – dmbarrerac@udistrital.edu.co  
Claudia Patricia Torrez Gallego<sup>2</sup> – cptorrez@udistrital.edu.co

**Docente asesor:** Diego Tomas Corradine Mora

**Semillero de investigación:** Zoovector

### RESUMEN

*Aedes aegypti* es un mosquito doméstico, proviene de la familia Culicidae, negro con rayas blancas en el dorso y patas. Se encuentra en climas cálidos hasta los 2.200 m.s.n.m de altitud. Es el principal vector de enfermedades tales como la fiebre del dengue, fiebre amarilla, chikunguña, zika y varias formas de encefalitis, que incluyen el virus del Nilo occidental; además de provocar irritación en la piel debido a una reacción alérgica a la picadura del mosquito (Conde, 2003).

Con el fin de controlar la población de larvas de *Aedes aegypti*, se aprovecha la semilla de *Persea americana* (aguacate) que se encuentran en Colombia. Se realizó la evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de sus semillas empleando la

variedad Lorena, sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio, en donde se obtuvo que el extracto etanólico de *Persea americana* es una alternativa favorable. Obteniendo letalidades del 100% a las 24 horas de exposición a concentraciones de 100 ppm.

### PALABRAS CLAVES

*Persea americana*, *Aedes aegypti*, larvicida, extracto.

### ABSTRACT

*Aedes aegypti* is a domestic mosquito, it comes from the family Culicidae, black with white stripes on the back and legs. It is found in warm climates up to 2,200 meters above sea level. It is the main vector of diseases such as dengue fever, fever yellow fever, chikungunya, Zika, and various forms

<sup>1</sup> Tecnología en Saneamiento Ambiental

<sup>2</sup> Tecnología en Saneamiento Ambiental



of encephalitis, including West Nile virus; in addition to causing skin irritation due to an allergic reaction to the mosquito bite (Conde, 2003).

In order to control the population of *Aedes aegypti* larvae, the seed of *Persea americana* (avocado) found in Colombia is used. The evaluation of the larvicidal effect of the ethanolic extract of its seeds was carried out using the Lorena variety, on fourth stage larvae of *Aedes aegypti* under laboratory conditions, where it was obtained that the ethanolic extract of *Persea americana* is a favorable alternative. Obtaining lethality of 100% after 24 hours of exposure to concentrations of 100 ppm.

## KEYWORDS

*Persea americana*, *Aedes aegypti*, larvicide, extract.

## INTRODUCCIÓN

El *Aedes aegypti* es un mosquito doméstico, proviene de la familia Culicidae, negro con rayas blancas en el dorso y patas. Se encuentra en climas cálidos hasta los 2.200 m.s.n.m de

altitud (Conde, 2003). De acuerdo con López y Neira (2016) describen como “oportunista” al mosquito de *Aedes aegypti*, debido a que tiene la capacidad de adaptarse a entornos de constantes cambios, en particular se adaptan a los cambios del hábitat humano siendo uno de los principales vectores patógenos de enfermedades alrededor del planeta como el dengue, chikunguña, zika y fiebre amarilla, entre otras. Estas enfermedades se reportan como un gran problema para la salud pública debido a la elevada tasa de mortalidad, ante la ausencia de una vacuna eficaz para la prevención del dengue, chikunguña o zika (Bobadilla, 2001; Gómez, 2018).

Ahora bien, los métodos de control que se han empleado para evitar la proliferación de este vector incluyen: saneamiento del medio, control químico y control biológico. El control del vector no es tan sencillo porque presentan resistencia a insecticidas convencionales que dañan el ambiente al usarse indiscriminadamente, necesitando métodos alternativos para el control (Perich

et al. 1995).

Seguidamente estudios sobre la especie de mosquitos de *Aedes aegypti* han demostrado que los productos a base de plantas tienen un gran potencial para usarse como control alternativo (Cuca & Gonzáles, 2018). Adicionalmente, se plantea una solución enfocada a la reducción de desechos sólidos generados por las semillas de *Persea americana*. Por esto se propone evaluar el efecto larvicida del extracto etanólico de la semilla de la *Persea americana* (aguacate, variedad Lorena) con respecto a las larvas de *Aedes aegypti* en cuarto estadio en condiciones de laboratorio.

## MÉTODOS

*Material biológico.* Las semillas de *Persea americana* (Aguacate, variedad Lorena), se obtuvieron de un cultivo ubicado en zona rural de la Vereda Huertas del municipio de Macaravita, Santander a unos 1420 m.s.n.m (Alcaldía Municipal de Macaravita, 2017).

Las larvas de mosquito en tercer y cuarto estadio de *Aedes aegypti* se obtuvieron en el laboratorio de Zoonosis de la Universidad

Distrital Francisco José de Caldas, sede Bosa El Porvenir.

*Procedimiento.* 1) Deshidratación a temperatura de 95°C (Arboleda, 2020). 2) Trituración de las semillas de *Persea americana*, empaquetados en cartuchos cilíndricos de papel filtro de unos 45 gramos cada uno. 3) filtración por medio del extractor Soxhlet usando como solvente Etanol al 96%, para remover los aceites esenciales (Lamarque et al, 2008). 4) Se introdujo la solución obtenida en un balón aforado de fondo redondo a una velocidad de 100 RPM, utilizando un baño maría a 60 °C y vacío de 175 milibares, con el fin de que el etanol llegara al punto de ebullición a una temperatura inferior a la habitual, acelerando el proceso, almacenándolo en un recipiente de vidrio color ámbar y procediendo a refrigeración (López et al., 2005). 5) Realización de bioensayos utilizando 25 larvas en 100 ml de cada una de las concentraciones (100, 70, 60, 50, 40, 30 y 20 ppm) del extracto, se tomó registro del número de larvas muertas a las 12, 24,

36 y 48 horas y se utilizó un control negativo para cada dosis.

Los datos de mortalidad obtenidos se sometieron a la ecuación de Abbott, análisis Probit para la corrección de la mortalidad con base a los grupos testigos. Los datos resultantes convertidos en porcentajes de mortalidad fueron procesados en Microsoft Excel para construir líneas de concentración-mortalidad y obtener la concentración letal del 50% y 90% así como su respectivo tiempo letal para los tratamientos que muestren mayor efectividad.

## RESULTADOS

El extracto vegetal obtenido por la técnica de extracción por el extractor Soxhlet, con etanol al 96%, fue una pasta de color café.

Para llevar a cabo el bioensayo, se utilizaron 750 larvas de *Aedes aegypti* en cuarto estadio que fueron expuestas por tratamiento: la dosis de 100 ppm causó un 96% de mortalidad a las 12 horas y un 100% a las 24 horas con la dosis de 20 ppm, la mortalidad fue de 2%, a las 12 horas, 2% a las 24 horas, 4% y 10%, para las

36 y 48 horas respectivamente, como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos del tratamiento con el extracto etanólico de la semilla de *Persea americana* var. Lorena en larvas del cuarto estadio de *Aedes aegypti*, entre las 0 a 48 horas de exposición.

Tratamiento	<u>Mortalidad larvas <i>Aedes aegypti</i> (%)</u>				
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas
20 ppm	0	2	2	4	10
30 ppm	0	3	4	17	17
40 ppm	0	1	6	35	59
50 ppm	0	13	24	48	71
60 ppm	0	10	49	69	77
70 ppm	0	15	79	84	90
100 ppm	0	96	100	-	-
Testigo	0	0	1	1	1

**Fuente:** Autores, 2024

El CL50 y CL90 obtenidas por análisis Probit fueron de 61 ppm con un límite de confianza entre 49 y 75 ppm. En cuanto a la concentración letal, 90 se encontró en 70 ppm con límites de confianza entre 62 y 87 ppm, esto es lo que se esperaba, puesto que, a mayor tiempo de exposición al tratamiento, menor es la dosis necesaria para lograr la misma mortalidad larvaria.

El TL50 y TL90 y líneas de concentración-mortalidad obtenidas por análisis Probit fueron para las concentraciones de 40 ppm, 50 ppm, 60 ppm, 70 ppm y 100 ppm que alcanzan el tiempo letal del 50% entre 6.3 horas a 40.7 horas. Con respecto al TL90 se tiene que las concentraciones 70 ppm y 100 ppm alcanzan el 90% de mortalidad a las 48 horas y 11.3 horas respectivamente. En el caso de la concentración de 100 ppm, alcanza el TL50 a las 6.3 horas, a las 11.3 horas alcanza el TL90 y llegando al 100% en 24 horas de exposición del extracto.

## DISCUSIÓN

Respecto a los resultados obtenidos después de 12 horas de exposición a la mayor concentración (100 ppm), provocando el 100% de muerte larval a las 24 horas de exposición, se evidencia que a concentración de 20 ppm hay mortalidad de 10%, aumenta el 17% en la mortalidad con concentración de 30 ppm, con diferencia de 7% entre las concentraciones. En los bioensayos posteriores se muestra un aumento del 42% de 40 ppm al 50 ppm; un

12%, el 6% en 60 ppm y un 13% en 70 ppm. Este último alcanza el 90% de mortalidad al pasar 48 horas. Cuanto mayor sea la concentración, mayor será la tasa de mortalidad.

Con respecto al tiempo letal TL50, se encontró que cinco concentraciones alcanzan el 50% en tiempos de 24 a 48 horas de exposición. Para 40 ppm alcanza el TL50 a 40.7 horas; a concentración de 50 ppm a 37.5 horas, 24.5 horas a concentración de 60 ppm, 15.2 horas alcanza el 50% a concentración de 70 ppm y a concentración de 100 ppm a 6.3 horas. Con relación a TL90, dos concentraciones alcanzan el 90% de muertes de las larvas es de 11 a 48 horas de exposición, 70 ppm la mortalidad en 48 horas de exposición y 100 ppm el 90% de muerte larval a las 11.3 horas.

Esto se debe a las propiedades biológicas de *P. americana* Miller descritas por Andrino (2008) en donde se mencionan metabolitos como la Persina, que tiene propiedades fungicidas, insecticidas, antialimentarias y

tóxicas en mamíferos. A esto se suman los alcanos, alquenos y alquinos que actúan como antibacterianos, fungicidas, antitumorales e insecticidas (en las hojas y frutos), avocado furanos que tienen actividad insecticida y finalmente, el estragol que es un insecticida. Por lo tanto, era de esperarse que la semilla del aguacate utilizada como larvicida en esta investigación, mostrara resultados significativos en larvas de cuarto estadio del mosquito *Aedes aegypti*.

Por último, se consolida que el extracto etanólico de *P.americana* tiene propiedades larvicidas, lo que prueba que este extracto es una forma segura de controlar y combatir las larvas de *Aedes aegypti*.

## CONCLUSIONES

En cuanto a el extracto de *Persea americana* (aguacate, variedad Lorena) demostró tener propiedades larvicidas contra el mosquito *Aedes aegypti*, alcanzando una letalidad del 100% en 24 horas de exposición a una concentración de 100 ppm. Los resultados

obtenidos de  $CL_{50} = 61$  ppm y  $CL_{90} = 70$  ppm, indican que el extracto etanólico de la semilla de *P. americana var. Lorena* posee un buen efecto larvicida sobre el cuarto estadio de *Ae. aegypti* a nivel de laboratorio. En cuanto a los resultados obtenidos para el  $TL_{50} = 40.7$  horas; a concentración de 40 ppm, a 50 ppm se obtiene el  $TL_{50} = 37.5$  horas. En cuanto a los resultados obtenidos para el  $TL_{50} = 24.5$  horas; a concentración de 60 ppm, a concentración de 70 ppm se obtiene el  $TL_{50} = 45$  horas y  $TL_{90} = 48$  horas y para la concentración de 100 ppm el  $TL_{50} = 6.3$  horas y  $TL_{90} = 11.3$  horas.

Asimismo, el extracto de *Persea americana var. Lorena* tiene efecto larvicida sobre el cuarto estadio larval de *Ae. Aegypti* en condiciones de laboratorio. Este extracto es una adecuada alternativa para usarse como insecticida botánico contra el vector del dengue, chikunguña, zika y fiebre amarilla, entre otras. Puesto que el mosquito *A. aegypti* ha desarrollado resistencia a los insecticidas convencionales.

Así pues, es importante buscar en la gran biodiversidad vegetal compuestos que actúen como insecticidas y que ayuden en el control de vectores, por lo que se hace necesario continuar con esta línea de investigación. Es indispensable en futuros estudios se realicen bioensayos en larvas y adultos de diferentes especies de mosquitos, con fracciones para determinar el insecticida.

### AGRADECIMIENTOS

Al docente Diego Tomas Corradine Mora, encargado del semillero Zoovector y del laboratorio de Zoonosis de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por donar el material vegetal (Semillas de aguacate), por guiarnos, explicarnos, colaborarnos, compartir sus conocimientos, enseñanzas y técnicas con cada proceso; a cada una de las personas que cooperaron, juzgaron, opinaron y enriquecieron esta trayectoria, para poder llegar a culminar este proyecto de investigación.

Este artículo es dedicado a aquellas personas

que creyeron en nosotras, a nuestros familiares y amigos por confiar en cada cosa que hicimos, hacemos y haremos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Municipal de Macaravita. (2017, 13 de septiembre). *Nuestro municipio*. Alcaldía Municipal de Macaravita. <https://www.macaravita-santander.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Arboleda Murillo, A. N. (2020). *Producción de bebida funcional en polvo a partir de residuos agroindustriales - semilla de aguacate y piel de uva vitis labrusa*. Universidad Nacional Abierta y a distancia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/37199/anarboledam.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Secado%20Temperatura%2095%C2%B0C%20Tiempo%2030%20Min>
- Bobadilla Utrera, M. C. (2001). Estado de la susceptibilidad de poblaciones

- larvarias de *Aedes aegypti* (L) (Diptera: culicidae) a insecticidas de uso común y alternativos en el estado de Veracruz. *Universidad Autónoma de Nuevo León*. <http://eprints.uanl.mx/6754/1/1080124393.PDF>
- Conde, A. (2003). Estudio de la longevidad y el ciclo gonotrofico del *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762), cepa Girardot (Cundinamarca) en condiciones de laboratorio. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8542/tesis51.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
  - Cuca Suarez, L. E., & Gonzáles Acosta, S. T. (2018). Metabolitos secundarios de especies de la familia Lauraceae con potencial uso cosmético para el mejoramiento, protección y preservación de la piel. *Revista de Investigación*, 11 (2), 31-47.
  - Gómez García, G. (2018). *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Diptera: Culicidae) y su importancia en salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 70(1), 55- 70. [http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v70n1/a07\\_214.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v70n1/a07_214.pdf).
  - Lamarque, A., Zygadlo, J., Labuckas, D., López, L., Torres, M., y Maestri, D. (2008). Fundamentos teórico – prácticos de Química Orgánica. [https://books.google.com.co/books?id=dehU1JRKy8C&pg=PA51&dq=metodo+soxhlet&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKewixk631yuHqAhWxiOAKHU\\_GDLwQ6AEwAHoECAUQAg#v=onepage&q=metodo%20soxhlet&f=false](https://books.google.com.co/books?id=dehU1JRKy8C&pg=PA51&dq=metodo+soxhlet&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKewixk631yuHqAhWxiOAKHU_GDLwQ6AEwAHoECAUQAg#v=onepage&q=metodo%20soxhlet&f=false)
  - López, M. A., & Neira, M. (2016). Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas. *Revista Ecuatoriana De Medicina Y Ciencias Biológicas*, 37(2). <https://doi.org/10.26807/remcb.v37i2.2>

- López Sánchez, M., Triana Méndez, J., Pérez Galván, F. J., & Torres Padrón, M. E. (2005). Métodos físicos de separación y purificación de sustancias orgánicas. *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/436/1/494.pdf>
- Perich J. Michael, Wells Carl, Bertsh and Tredway. (1995). Isolation of the Insecticidal Components of *Tagetes minuta* (compositae) Against Mosquito Larvae and Adults. *J. Amer. Mosq. Control Assoc.* 11. 307-310.
- Torrez, C. P., & Barrera, D. M. (2024). Evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de *Persea americana* (aguacate, variedad lorena) sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.



## FOTOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO (C@TiO<sub>2</sub>): UN ENFOQUE PRELIMINAR PARA EL DESNITRIFICADO DE AGUAS

**Autor:** William Eduardo Albornoz<sup>1</sup> – weduardoa@udistrital.edu.co

**Docente asesor:** Jeymy Tatiana Sarmiento Monsalve<sup>2</sup> – jtsarmientom@udistrital.edu.co

**Semillero de investigación:** Física del Medio Ambiente y Energía Solar (FMAES);  
PHYSIKALISCH; CARBONES

### RESUMEN

Este estudio investiga y compara los procesos de fotocatalisis heterogénea y homogénea en la reducción de nitratos, centrándose en la eficiencia de la fotocatalisis heterogénea con carbón activado mineral (C@TiO<sub>2</sub>). El carbón empleado para el fotofiltro (C@TiO<sub>2</sub>), es un carbón mineral sub-bituminoso, activado física y químicamente, el cual es caracterizado mediante SEM e IR. Además, se realizaron análisis espectrofotométricos UV y UV-Vis para evaluar la reducción de nitratos y la formación de nitritos, según los parámetros establecidos en la literatura. Estos resultados ofrecen información valiosa para futuras implementaciones industriales del Fotofiltro.

### PALABRAS CLAVES

Fotocatalisis, fotofiltro, reducción, nitratos, contaminantes, carbón activado.

### ABSTRACT

This study investigates and compares the processes of heterogeneous and homogeneous photocatalysis in nitrate reduction, focusing on the efficiency of heterogeneous photocatalysis with mineral activated carbon (C@TiO<sub>2</sub>). The carbon used for the Photofilter (C@TiO<sub>2</sub>) is a sub-bituminous mineral carbon, physically and chemically activated, which is characterized by SEM and IR. In addition, UV and UV-Vis spectrophotometric analyses were performed to evaluate nitrate reduction and nitrite formation, according to the parameters established in the literature.

<sup>1</sup> Licenciatura en Química, Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

<sup>2</sup> PhD. Facultad de Ciencias y Educación – Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Docente

These results provide valuable information for future industrial implementations of the Photofilter.

## KEYWORDS

Photocatalysis, photofilter, reduction, nitrates, pollutants, activated carbon.

## INTRODUCCIÓN

La escasez global de agua potable se ha convertido en una crisis ambiental prioritaria, impactando principalmente a países en vías de desarrollo y dejando graves repercusiones sociales. Organismos como la ONU y la OMS han situado esta problemática hídrica como prioridad en la agenda de desarrollo sostenible, específicamente en el Objetivo 6 ONU-Agua, enfatizando la necesidad de implementar tecnologías para tratar y reutilizar aguas contaminadas.

Estadísticas alarmantes indican que solo el 8% de las aguas residuales reciben tratamiento en países en desarrollo, frente al 70% en naciones desarrolladas (Hallberg et al. 2015; IDEAM, 2007).

Una problemática particular es la presencia de nitratos en fuentes hídricas, los cuales son contaminantes inorgánicos perjudiciales. En respuesta, distintos grupos de investigación desarrollan tecnologías innovadoras para el tratamiento de aguas residuales con nitratos. En este contexto, el presente artículo describe el diseño y evaluación de un novedoso fotofiltro que implementa carbón mineral activado como soporte del dióxido de titanio como fotocatalizador para la reducción eficiente de nitratos, representando un aporte concreto frente al desafío de la crisis hídrica, cabe destacar que investigaciones previas como la de Jaramillo en 2006 y la de Kong et al. en 2020, han demostrado la eficacia del dióxido de titanio como fotocatalizador para esta transformación.

Los contaminantes en aguas, definidos por la OCDE como productos de actividades humanas, incluyen pesticidas, disolventes, detergentes y subproductos industriales, muchos de los cuales son resistentes a la degradación (Organización para la

Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2022). Las aguas residuales, domésticas, industriales y urbanas (Consejo de las Comunidades Europeas, 1991), contienen una variedad de contaminantes, como materia orgánica e inorgánica, nutrientes, patógenos y xenobióticos, que necesitan tratamiento.

En la búsqueda por soluciones efectivas, los procesos de filtración y fotocátalisis han cobrado relevancia. La filtración separa partículas en suspensión mediante medios porosos, purificando así los fluidos (López, 2019), mientras que la fotocátalisis emplea radiación UV-Visible para activar semiconductores y generar radicales hidroxilos degradantes de contaminantes. El dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) destaca como semiconductor muy estudiado por su alta actividad y estabilidad (Herrmann, 1999; Jaramillo, 2006). Los sistemas de fotofiltración combinan ambos procesos, removiendo eficientemente contaminantes orgánicos e inorgánicos disueltos en agua con bajo impacto ambiental (Kong, 2020). El carbón activado sobresale como material de filtro o soporte por su

versatilidad, amplia superficie interna y capacidad de adsorción (Wu, 2018). Además, la dispersión de metales en su estructura mejora exponencialmente el rendimiento catalítico, resaltando la importancia de explorar estas sinergias para soluciones más eficientes en el tratamiento y recuperación de fuentes hídricas con presencia de nitratos.

## MÉTODOS

### 1. ÁREA DE ESTUDIO

Carboquímica, Catálisis, Mecanismo de reacción, Calidad y Tratamiento de aguas.

### 2. PREPARACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

El carbón mineral de tipo sub-bituminoso fue caracterizado previamente a través del análisis próximo y último y fue activado por métodos químicos y físicos. El material obtenido presenta una densidad de 1,23 g/ml, 32% de cenizas, 4% de humedad, 4% de material volátil, 35-45 % de carbono y 47% de carbono fijo.

### 3. FIJACIÓN CATALÍTICA

Se preparó una solución de 20 ppm de TiO<sub>2</sub> en agua destilada para 0,5 g de carbón activado. La fijación del catalizador se realizó por inmersión, mezclando la solución catalítica y el carbón tratado en agitación por ultrasonido durante 30 minutos. Luego, se filtró al vacío y el residuo sólido se calcinó a 500°C por 1 hora y 30 minutos, obteniendo el catalizador C@TiO<sub>2</sub>.

### 4. CARACTERIZACIÓN DEL FOTOFILTRO

Se caracterizó el fotofiltro mediante espectrofotometría Infrarroja (IR) para observar la interacción de moléculas de carbono y metal, y la presencia de grupos o estructuras químicas, comparando carbón activado comercial (Blanco), C@E.

Posteriormente, se analizó su morfología (tamaño de poro y fijación) por Microscopia Electrónica de Barrido (SEM). Además, se analizó el C@TiO<sub>2</sub> después de utilizarlo tres veces consecutivas.

### 5. DESNITRIFICACIÓN

Se partió de una solución de aproximadamente 1100 ppm NaNO<sub>3</sub> para 0,5 g de C@TiO<sub>2</sub>, y tras 1 hora de exposición a radiación UVA artificial, se analizó la muestra, este catalizador fue puesto a reaccionar para nuevas desnitrificaciones por tres ciclos. Se analizó el proceso de desnitrificación por dos técnicas espectrofotométricas: UV a 220 nm para revisar la concentración real de Nitratos presentes siguiendo indicaciones del IDEAM, y UV-Visible a 543 nm por medio de la reacción colorimétrica de Griess para determinar Nitritos solubles formados después de la desnitrificación siguiendo indicaciones del Standard Methods (IDEAM, 2007; Eaton, 2012).

Además, se revisó la presencia de nitratos y nitritos en el leaching del primer ciclo para observar la presencia de TiO<sub>2</sub> disuelto y su capacidad de desnitrificación. Todo esto con el fin de determinar la efectividad en la desnitrificación fotocatalítica después de cada utilización del fotofiltro.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

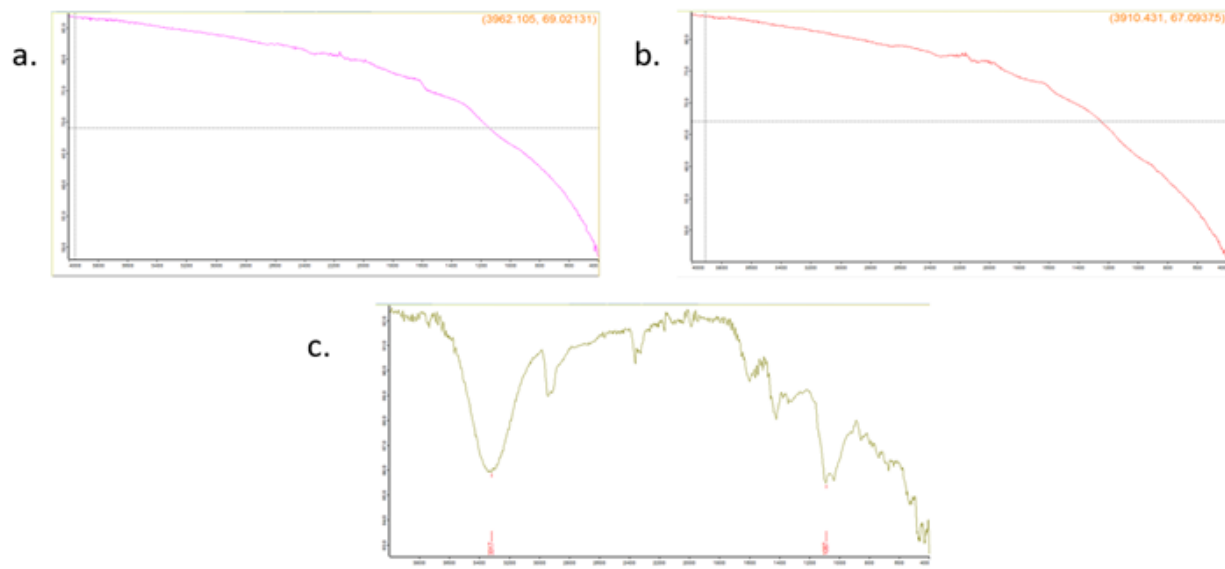
### 1. ANÁLISIS INFRARROJO COMPARATIVO

Los espectros de infrarrojo (IR) de las muestras de carbón activado permitieron analizar los cambios en las estructuras del material en los procesos de activación y en la impregnación de fotocatalizador. Como se observa en las Figuras 1.a., 1.b. y 1.c., los espectros del carbón activado experimentalmente (1.b.) presentan similitudes con el espectro del carbón activado comercial (1.a.), evidenciando la efectividad de los métodos de activación.

En cambio, el C@TiO<sub>2</sub>, (1.c) presenta varias bandas características:

- I. Bandas a 3440 y 1626 cm<sup>-1</sup> que se atribuyen a los modos vibracionales de enlaces carbono-metal, interacción entre el carbón y el catalizador de titanio, según lo reportado por Lee et al. (2012).
- II. La lectura presenta diversas bandas entre 2900, 2300, 2000, 1400, 1087, 1020 cm<sup>-1</sup> y la región entre 800-600 cm<sup>-1</sup> asignadas a grupos funcionales superficiales tales como C=O, C-O y O-H.

**Figura 1.** Lecturas de IR para Carbón Activado Comercial (a.); C@E (b.); C@TiO<sub>2</sub>, (c.)



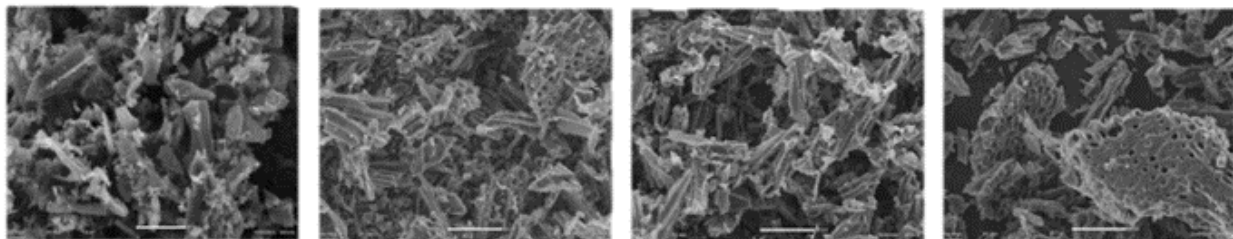
Fuente: Autor, 2024

## 2. ANÁLISIS MORFOLÓGICO COMPARATIVO

El análisis morfológico por microscopía electrónica de barrido (SEM) reveló diferencias estructurales entre el carbón activado comercial, el carbón activado experimental (C@E) y el carbón activado con catalizador (C@TiO<sub>2</sub>) antes y después de tres ciclos de uso (C@TiO<sub>2</sub>3). El carbón comercial presentó una estructura cristalina trigonal con fragmentos de 8-100 μm y poros poco definidos. El C@E presentó morfologías mejor definidas con tamaños de 30-300 μm y poros

evidentes de 2-12 μm. Al adicionar el catalizador (C@TiO<sub>2</sub>), se observó una ligera aglomeración carbón-metal, nanopartículas de catalizador dentro y fuera de los poros (<10 μm), y nano-túneles de 8-50 μm preservando los poros internos. Después del tercer ciclo (C@TiO<sub>2</sub>3), se apreciaron aglomerados rígidos de 10-400 μm con poros de 1-10 μm y fragmentos tubulares, reflejando una saturación parcial de poros por el catalizador y subproductos, aunque persistieron poros libres de 2-10 μm en algunas regiones.

**Figura 2.** Evidencia en SEM del carbón activado comercial 20 μm (a.); C@E 50 μm (b.); C@TiO<sub>2</sub> 50 μm (c.); C@TiO<sub>2</sub>3 50 μm (d.)



**Fuente:** Autor, 2024

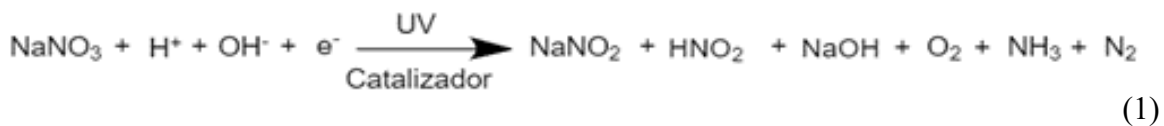
### 3. REDUCCIÓN DE NITRATOS Y FORMACIÓN DE NITRITOS

Se realizaron análisis cuantitativos para la formación de productos nítricos solubles y la disminución de nitratos. Mediante la reacción de Griess, se evidenció la formación de dichos productos nítricos (Bridgewater et al. 2012). Demostrando un aumento exponencial en la concentración de nitritos, pasando de 0 a 163 ppm en el primer ciclo y de 0 a 178,36 ppm en el tercer ciclo tras un lavado.

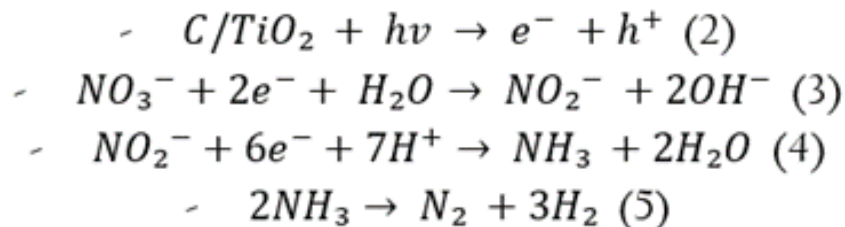
Los análisis según las metodologías del IDEAM (2007) mostraron una disminución en la absorbancia a 220 nm, indicando una

reducción en la concentración de nitratos. Disminuyendo, evidenciando una reducción aproximada del 70% en el primer ciclo y del 75% en el tercer ciclo, con una formación de nitritos de aproximadamente el 15% y 20%, respectivamente (tabla 1).

Sin embargo, investigaciones previas como la de Shaban et. al (2016), sugieren que en sistemas de fotocatalisis con TiO<sub>2</sub> soportadas en carbón, los nitratos experimentan descomposiciones en cadena como se presenta en las reacciones 2-5, lo cuál resulta favorable en este estudio.



Mecanismo de reacción de Óxido-Reducción del Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>) para la presencia de Nitrato de Sodio en un medio acuoso.



Mecanismo de descomposición del Nitrato propuesto por Yasser et al. (2016)

#### 4. ANÁLISIS COMPARATIVO: FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA VS HOMOGÉNEO

Se evidenciaron diferencias significativas al comparar este proceso heterogéneo soportado con la fotocatalisis homogéneo.

En procesos no soportados, la reducción de nitratos ocurre indiscriminadamente, formando productos nítricos solubles e insolubles. En

contraste, en este proceso soportado sólo se detectó la formación de compuestos nítricos solubles, específicamente ácido nitroso, ya que el carbón activado absorbe los iones sodio favoreciendo su formación exclusiva.

Esto sugiere que la eficiencia en la reducción de nitratos podría ser más favorable en este proceso heterogéneo soportado en comparación con la fotocatalisis homogéneo.

**Tabla 1.** Lecturas de Nitratos y Nitritos por espectrofotometría a 220 nm y 543 nm, comparativa Heterogénea no soportada/Homogénea

Muestra	Catalizador en Fase Homogénea	Ciclo con muestra estándar Fase Heterogéneo soportada (Ciclo 1)**	Ciclo con muestra estándar Fase Heterogéneo soportada (Ciclo 2)***	Ciclo con muestra estándar Fase Heterogéneo soportada (Ciclo 3)****	Leaching del Ciclo 1 con muestra estándar Heterogéneo soportada (Ciclo 1)*****
Concentración de Nitratos Inicial (ppm)	1226,37	1076,81	1076,81	1076,81	1240,81
Concentración de Nitratos Final (ppm)	374,76	311,41	920,20	270,07	1238,36
Concentración de Nitritos Totales Analizados (ppm)	178,23	163,23	30,92	178,36	46,69
Concentración Nitritos no solubles (Fotofiltro), Amoniaco y nitrógeno gaseoso Aproximado (ppm)	673,38	602,17	1032,62	628,38	1180,66

\*Condiciones de Reacción Fase Heterogénea no soportada: Tiempo 1 hora de exposición a luz UVA con el equipo CABINA DE EXTRACCIÓN FLOW 100 H C4 con 5 intervalos de tiempo de estudio y análisis, en Temperatura Ambiente, sin Agitación Mecánica ni Magnética, en ausencia de Luz.

\*\*Condiciones de Reacción Fase Heterogénea: Tiempo 1 hora de exposición a luz UVA con el equipo CABINA DE EXTRACCIÓN FLOW 100 H C4, en Temperatura Ambiente, sin Agitación Mecánica ni Magnética, en ausencia de Luz.

\*\*\*Condiciones de Reacción Fase Heterogénea: Tiempo 1 hora de exposición a luz UVA con el equipo CABINA DE EXTRACCIÓN FLOW 100 H C4, en Temperatura Ambiente, sin Agitación Mecánica ni Magnética, en ausencia de Luz. Sin proceso de limpieza de poros con solución ácida.

\*\*\*\*Condiciones de Reacción Fase Heterogénea: Tiempo 1 hora de exposición a luz UVA con el equipo CABINA DE EXTRACCIÓN FLOW 100 H C4, en Temperatura Ambiente, sin Agitación Mecánica ni Magnética, en ausencia de Luz. Generado un proceso de limpieza en los poros con solución ácida.

\*\*\*\*\*Condiciones de Reacción Fase Heterogénea leaching: Tiempo 1 hora de exposición a luz UVA con el equipo CABINA DE EXTRACCIÓN FLOW 100 H C4, en Temperatura Ambiente, sin Agitación Mecánica ni Magnética, en ausencia de Luz.

Fuente: Autor, 2024



El proceso de fotocatalisis heterogénea soportada (C@TiO<sub>2</sub>) presenta una reducción significativamente mayor de nitratos en comparación con el proceso de fotocatalisis homogénea. Esto se debe a que produce una única forma de nitrito soluble (HNO<sub>2</sub>) y proporciona mayor utilidad, pudiendo implementarse varias veces sin perder el componente fotocatalítico.

Es necesario limpiar el fotofiltro para liberar los poros saturados por los iones de sodio. Esto fortalece la efectividad del proceso al poder emplearse en repetidos ciclos consecutivos, presentando una mayor purificación de nitratos.

## 5. MECANISMO DE REDUCCIÓN DE NITRATOS

Investigaciones previas como la de Shaban et al. (2016) han elucidado el proceso de reducción fotocatalítica de nitratos empleando TiO<sub>2</sub> soportado sobre carbón (C@TiO<sub>2</sub>). Ocurre mediante reacciones que incluyen la formación de nitrito, amoníaco y finalmente nitrógeno molecular (Ecuaciones 2 a 5). La

eficiencia depende de factores como el pH, concentración del catalizador, modificación del soporte carbonoso y el rayo de incidencia de la luz UV.

En este estudio, bajo unas condiciones experimentales, se encontró que las reacciones propuestas por Shaban et al. (2016) son acordes y mejoradas. Aunque no se cuantificaron todos los productos, la detección final de nitritos y nitratos confirmó que se llevó a cabo la desnitrificación, dando cuantificaciones favorables.

Sin embargo, se requieren más estudios sobre la cinética y rendimiento en cada etapa para determinar el punto de quiebre en el que el catalizador ya no cumpla su función primaria y deba cambiarse. No obstante, la evidencia actual valida el mecanismo fotoquímico planteado para la remoción de nitratos y la formación de productos, utilizando C@TiO<sub>2</sub>.

## CONCLUSIONES

Este estudio demuestra la efectividad de un

novedoso proceso de fotofiltración, integrando fotocatalisis con TiO<sub>2</sub> soportado en carbón mineral activado, para la reducción de nitratos como posible uso en aguas contaminadas. Los análisis evidenciaron la transformación de aproximadamente el 75% de los nitratos hacia la formación selectiva de productos nítricos solubles, atribuible a la capacidad de adsorción del soporte carbonoso.

Al comparar con procesos homogéneos, la fotofiltración indica una mayor utilidad, siendo posible implementarla varias veces con una limpieza periódica. Si bien se requieren más estudios para confirmar productos finales, este trabajo proporciona evidencia inicial sobre el alto potencial de este prometedor proceso frente a la escasez de agua potable.

### AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) por el apoyo en la investigación realizada. A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC) por los recursos físicos y humanos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bridgewater, L. American Water Works

Association & Water Environment Federation. (2012). Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. *American Public Health Association* (22).

- Carballo Suárez, L.M. (2002). Introducción a la Catálisis Heterogénea. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química. Bogotá D.C. Colombia.
- Directiva 91/271/CEE del consejo del 21 de mayo de 1991 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- Hallberg, K. B.. et al. (2015). Biological removal of nitrogen from wastewater. *Nature Reviews Microbiology*, 13(11), 661-672.
- Herrmann, J.M. (1999). Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous

- pollutants. *Catalysis Today*, 53(1), 115-129.
- IDEAM. (2007). Determinación de Nitratos en aguas por espectrofotometría UV. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia.
  - Jaramillo, C.A. (2006). Tratamiento de aguas residuales industriales por procesos de oxidación avanzada y fotocatalisis heterogénea con TiO<sub>2</sub>. Tesis doctoral. Universidad de Tarapacá.
  - Kong, L., et al. (2020). A review of advanced treatment technologies of wastewater by photocatalytic ozonation. *Journal of Environmental Management*, 252, 109631.
  - Lee, J., et al. (2012). Recent progress in the synthesis of porous carbon materials. *Advanced Materials*, 18(16), 2073-2094.
  - López Saucedo, F., et al. (2019). Fundamentos de la filtración en la industria química. *Revista Tecnociencia*, 12(3), 34-48.
  - OMS. (1993). Evaluación de sustancias químicas en los alimentos: principios y métodos. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37245>
  - ONU. (2017). Objetivo de desarrollo Sostenible.
  - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2022). Contaminantes orgánicos persistentes. Serie sobre el medio ambiente, No. 30. OCDE Publishing: París.
  - Shaban, et al. (2016). Photocatalytic reduction of nitrate in seawater using C/TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, Volume 328. Pages 114-121. ISSN 1010-6030. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2016.05.018>.

- Wu, H., et al. (2018). Highly dispersed platinum supported on nitrogen-doped porous carbon for hydrogen generation from the hydrolysis of ammonia borane. *Applied Catalysis B: Environmental*, 225, 283-292.

## ANÁLISIS DEL CONFLICTO AMBIENTAL POR EXPANSIÓN URBANA EN LA VEREDA LOS SOCHES USME

**Autores:** Diana Carolina Forero Díaz<sup>1</sup> – dicforerod@udistrital.edu.co  
María Camila Mosquera Torres<sup>2</sup> – macmosquerat@udistrital.edu.co  
Laura Katherine Suárez Perilla<sup>3</sup> – lksuarezp@udistrital.edu.co

**Docente asesor:** Jairo Miguel Martínez Abello

**Semillero de investigación:** Conflictos Ambientales Cambios: Vida y Paz.

### PALABRAS CLAVE

Conflicto, expansión, campesinos, usme, vereda.

### INTRODUCCIÓN

#### Desarrollo teórico

En Bogotá, diversas problemáticas y conflictos ambientales, surgen por las complejidades económicas, políticas, y sociales, presentes en sus localidades; “las cuales, están sujetas a un modelo capitalista extractivo que se sobrepone a las formas de vida de una comunidad” (Martínez, 2023, pg. 131). Estas situaciones se han visto incrementadas por los procesos de expansión urbana, debido al crecimiento demográfico, tanto por el desplazamiento de población, como por el

conflicto armado y la búsqueda de una mejor calidad de vida. Esto ha originado una gran ocupación, principalmente, de las localidades periféricas de la ciudad, lo que ha llevado a buscar expandir sus bordes.

Una de las localidades más afectadas por estos procesos es Usme, que es mayormente rural, lo que ha generado invasión de espacio natural, afectación a la estructura ecológica principal y disminución de la extensión rural. Así surge el conflicto ambiental por la declaración de suelos de expansión urbana que permitía construir Vivienda de Interés Social y Vivienda de Interés Prioritario en suelo rural.

El conflicto podría considerarse por problemas estructurales, debido a que la

<sup>1</sup> Administración Ambiental.

<sup>2</sup> Administración Ambiental.

<sup>3</sup> Administración Ambiental.

política de expansión urbana se ha planteado bajo la lógica de falta de suelo al interior de la ciudad y la necesidad de expandir hacia el sur, además de realizarse sin la participación de la población afectada.

### **Marco conceptual**

#### **Plan de Ordenamiento Territorial**

La Ley 388 de 1997 establece que todos los municipios del país deben elaborar el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), con el fin de crear los mecanismos que permitan al municipio promover el ordenamiento espacial de su territorio, el uso racional y equitativo del suelo, la conservación o preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural, así como la mitigación y prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo. Estos elementos se encuentran presentes en la vereda además de las ejecuciones de las acciones urbanísticas eficientes, SPR (2019). De esta manera es como, en el Plan de Ordenamiento Territorial, Decreto 555/2021, se establece al Agroparque Los Soches como Paisaje Sostenible.

#### **Concepto de sostenibilidad en la vereda**

La noción de sostenibilidad surge de la idea de preservar y mejorar la calidad de los ecosistemas naturales y el medio ambiente, planteando la utilización de los recursos naturales de manera que ‘satisfagan las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones’ para hacer lo mismo. Este concepto se originó en la Declaración de Estocolmo de 1972 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, y también se destaca en el Informe Brundtland. En el contexto colombiano, la sostenibilidad se consagra como un principio constitucional en materia ambiental en la Constitución de 1991, en el cual se establece, en su artículo 80 que “el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución”.

En la vereda Los Soches, se ha buscado integrar el concepto de sostenibilidad mediante el cuidado y la conservación de los

ecosistemas, reconociendo los servicios ecosistémicos, económicos, científicos y culturales que proporciona un adecuado cuidado del entorno. Se comprende que alcanzar este objetivo depende en gran medida de la planificación del territorio y la participación de sus habitantes. Por lo tanto, es fundamental que las futuras generaciones estén comprometidas con el desarrollo sostenible del territorio. Por ello, la comunidad ha trabajado en el desarrollo profesional y personal de los jóvenes, brindándoles la oportunidad de crecer junto con el Agroparque.

### **Conflicto socioambiental**

Los conflictos socioambientales son situaciones en las que intervienen dos o más actores que están en confrontación u oposición entre sí. Estos conflictos pueden surgir debido a discrepancias ideológicas o a situaciones que afectan el medio ambiente (Nava, 2018). Esto lleva a que actores como indígenas y campesinos luchen por la defensa de su territorio, mientras que los ciudadanos se movilizan en favor de la protección de sus

derechos y del medio ambiente (Svampa, 2012). El conflicto en la vereda Los Soches ejemplifica estas tensiones y disputas entre diversos actores, así como la lucha por conservar el territorio rural frente a la presión de la urbanización y la explotación de recursos naturales.

### **Memoria y resistencia colectiva**

Para las comunidades, el territorio que habitan tiene un valor significativo, especialmente cuando enfrentan conflictos que lo afectan, convirtiéndose en un motivo de lucha histórica y de resistencia. La resistencia se entiende como la permanencia en la tierra y la construcción de territorialidades comunitarias para proteger el bien colectivo, empoderándose a través de la memoria colectiva ancestral y reconociendo las luchas de los antepasados. Esto implica la defensa de bienes colectivos y la calidad de vida frente a la privatización y urbanización (Prada, 2014). La conexión entre territorio y memoria también es esencial, como se observa en la vereda Los

Soches, donde la protección del territorio se vincula a la resistencia de la comunidad contra la expansión urbana. Los procesos de consolidación de la vereda también resaltan la importancia de la lucha comunitaria en el pasado, demostrando que las tradiciones han sido herramientas de resistencia frente a la expansión urbana y la pérdida de identidad campesina.

### **Expansión urbana**

“La expansión urbana se refiere al aumento de la huella urbana por el crecimiento demográfico y el aumento en la tasa de consumo de suelo per cápita”. (DNP, 2017, pg. 5).

La adición de Usme al Distrito en el año 1954 marcó un antecedente importante sobre la expansión urbana en la localidad. En las siguientes décadas, mediante la UPAC (Unidad de Poder Adquisitivo Constante), se desarrollaron procesos de urbanización con la construcción de vivienda en la periferia de la ciudad. En la década de 1990 el Acuerdo

Distrital 6 otorgó el uso de suelo para expansión urbana, afectando el área rural de la ciudad y los modos de vida campesinos, especialmente en la vereda Los Soches.

### **REFLEXIÓN**

#### **Problemáticas sociales, económicas y naturales**

Se evidencia que las problemáticas del conflicto en la vereda Los Soches radican en el abandono gubernamental, la desigualdad social y la vulnerabilidad a la que han sido expuestos los campesinos. Además, este espacio se desarrolló mediante un crecimiento desordenado que resultó en la invasión de territorio natural, antes un parque natural. Según el censo del 2021, realizado por la Universidad Santo Tomás, había 614 personas que habitaban en un total de 176 viviendas, lo que valida que es una población pequeña, que aún no ha sido considerada de importancia en relación con el problema de invasión y organización poblacional.



En los últimos años, en la vereda Los Soches, ha prevalecido una lucha constante por mantener y conservar sus espacios, a través de emprendimientos que buscan diversificar la economía local y aprovechar al máximo los recursos disponibles, preservando así la soberanía de su territorio. Aunque en el ámbito rural se pueden llevar a cabo diversas actividades como la ganadería, la pesca, la minería y la extracción de recursos naturales, en la vereda Los Soches se destaca el turismo rural como una alternativa económica para las familias rurales pobres, que tiene el potencial

de generar ingresos complementarios a la agricultura (Pérez, 2010, p. 19). Esto ha convertido a la vereda en un símbolo de reivindicación de la identidad campesina, ya que han logrado recuperar su memoria histórica y mantener sus tradiciones.

### Actores del conflicto

Según la categoría del manual del OLCA (1998), los diferentes actores se identificaron de la siguiente manera:<sup>4</sup>

**Tabla 1.** Actores del conflicto

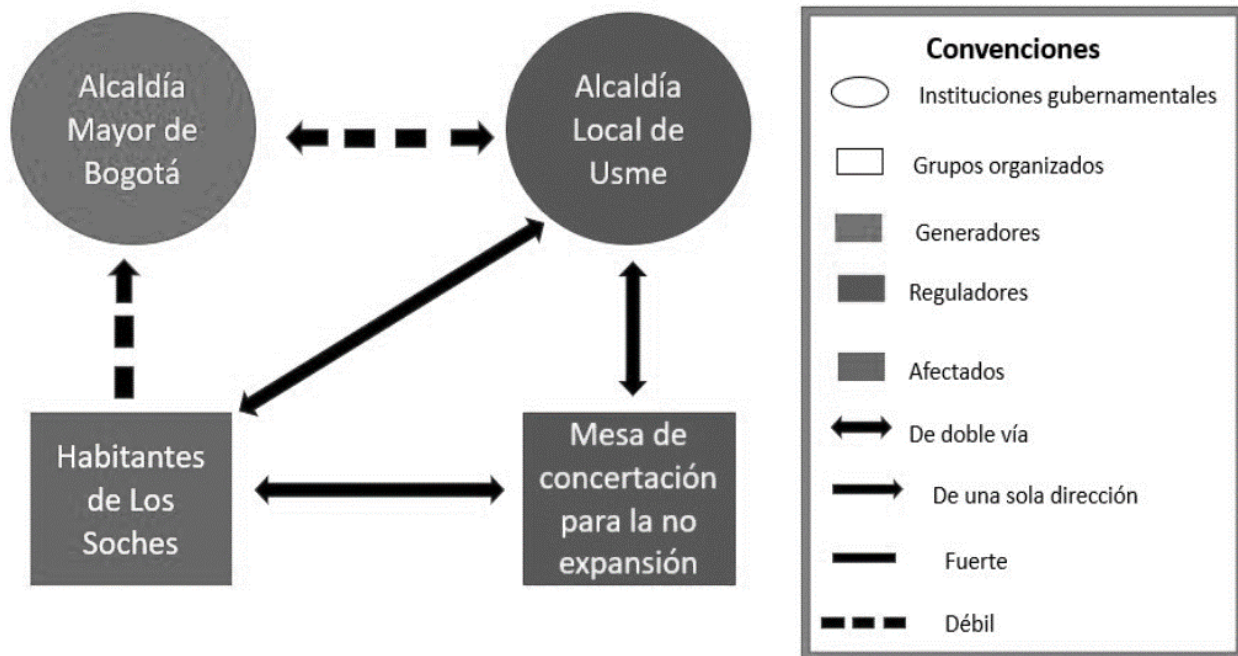
ACTORES		
Generadores	Iniciadores	Reguladores
Alcaldía Mayor de Bogotá; bajo los mandatos de Enrique Peñalosa, Antanas Mockus y Luis Garzón.	Los habitantes de la vereda Los Soches.	Alcaldía Local de Usme
HECHOS		
Presentó y adoptó el POT en el que se delimitaban las zonas de expansión urbana.	Crearon la organización social Agroparque Los Soches y trabajan con otras organizaciones sociales de la localidad como la Mesa de Concertación para la No	Crearon la Mesa de Concertación del Borde Urbano-Rural y apoyaron financieramente a las comunidades para la presentación de propuestas comunitarias de desarrollo en aras de frenar la expansión urbana.
Expansión.		

**Fuente:** Autores a partir de Vargas, 2021

<sup>4</sup> En situaciones de conflicto ambiental, se identifica tres roles: Los generadores, responsables del daño ambiental causado por sus acciones; Los reguladores, quienes tienen la

autoridad para intervenir y pueden influir en la prevención o mitigación del daño ambiental; Los iniciadores, aquellos que toman medidas para evitar, mitigar o reparar el daño ambiental que afecta a la comunidad.

**Figura 1. Red de actores**



**Fuente:** Autores, 2024

“Entre estos actores existe una relación tensa debido a las insistentes propuestas de urbanización por parte de la Alcaldía Mayor de Bogotá” (Vargas, 2021).

**Acciones de la comunidad**

Debido a este conflicto, la comunidad campesina se fortaleció, permitiendo la creación de redes en defensa de su territorio y gestando proyectos alrededor de la tradición rural. Es así como existen huertas comunitarias donde se siembran aromáticas, condimentos naturales, legumbres y tubérculos; mercados

campesinos y trueque que se han articulado con el trabajo conjunto entre la Alcaldía Mayor, la Alcaldía Local de Usme y las organizaciones campesinas; y, bibliotecas comunitarias y granjas temáticas que desarrollan actividades en pro de la naturaleza y el bienestar comunitario. La comunidad ha luchado por la conservación de su memoria, amenazada por procesos de minería, que también hacen parte de las dinámicas de expansión urbana; por otro lado, los relevos generacionales de la comunidad han disminuido por la falta de

oportunidades del sector rural, por lo que los jóvenes prefieren salir a la ciudad dejando de lado su lugar de origen. Esto último, evidencia de una forma simbólica de dominio que tiene la ciudad.

Los retos se encuentran en comprender la importancia de la ruralidad en la ciudad,

visibilizar las problemáticas y acciones de la comunidad, y hacer que las nuevas generaciones no abandonen sus territorios, sino que, por el contrario, puedan aportar en el mejoramiento de sus condiciones de vida, los procesos de resistencia y la defensa de los territorios.

**Figura 2.** Describiendo el territorio



**Fuente:** Diana Forero, 2023

## CONCLUSIONES

La vereda Los Soches ha experimentado dinámicas socioambientales complejas derivadas de decisiones sobre el ordenamiento del territorio en la localidad de Usme. Estos procesos de urbanización han generado movimientos sociales y ambientales liderados principalmente por organizaciones conformadas por habitantes de la vereda, quienes se han visto afectados por la ocupación del área rural y la pérdida de la vocación campesina propia del territorio.

Las movilizaciones de las organizaciones comunitarias no han sido el único medio de acción; también se han implementado medidas administrativas, se ha hecho uso de herramientas legales y se han realizado denuncias en los medios de comunicación, lo que ha ampliado la difusión del conflicto e involucrado a actores externos.

La comunidad campesina ha fortalecido sus lazos, estableciendo redes de defensa para proteger su territorio, a través de la creación de

proyectos centrados en la tradición rural, la naturaleza y el bienestar comunitario. Proyectos como bibliotecas comunitarias, granjas temáticas, mercados campesinos y el Agroparque Los Soches han contribuido a mantener la identidad campesina y las tradiciones arraigadas en el pasado de la vereda. Además, el Agroparque ha brindado una solución económica para las familias rurales al ofrecerles la oportunidad de generar ingresos complementarios mediante el turismo sostenible.

Aunque las medidas implementadas han mejorado las condiciones de vida de los habitantes, durante el proceso de gestión del conflicto han surgido obstáculos, como la falta de coordinación entre los actores populares, la discontinuidad de algunos esfuerzos comunitarios e institucionales para abordar los efectos adversos del conflicto, las divergencias de intereses entre los actores, la escasez de información y la falta de recursos técnicos, humanos y económicos.

En este sentido, se ha observado una discrepancia entre las necesidades actuales de la vereda Los Soches y las acciones ejecutadas por el actual proyecto territorial local, especialmente en lo que respecta a la conservación del patrimonio histórico y natural. Además, no se ha fortalecido la conservación del relevo generacional a través de la construcción de la identidad campesina, el empoderamiento comunitario y el desarrollo de habilidades empresariales y productivas locales que permitan el desarrollo rural en el territorio.

**Figura 3.** Resistencia campesina



**Fuente:** Diana Forero, 2023

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de Usme. (S. f. a). UPZ, barrios y veredas. <http://www.usme.gov.co/content/upz-barrios-y-veredas>
- Alcaldía de Usme. (s. f. b). vereda los soches. <http://usme.gov.co/milocalidad/vereda-los-soches>
- Aldana, E., Rojas, A., & Romero, G. (2020). Alternativa participativa para la sostenibilidad ecosistémica en la vereda «Los Soches» de la localidad de Usme 2020-2020 [Tesis de especialización, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26084/RomeroDonosoGiovanyFranchesco2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Consejo Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático de Usme. (2018). CARACTERIZACIÓN GENERAL DE ESCENARIOS DE RIESGO. <https://www.idiger.gov.co/documents/220605/232445/Identificaci%C3%B3n+y+Priorizaci%C3%B3n+.pdf/3297214a-9582-49d4-8c69-f83c7d8ce46b>
- Departamento Nacional de Planeación (2017). Expansión urbana ordenada Cartilla Expansion.pdf (dnp.gov.co)
- Martínez – Abello, J.M. (2023). La ciudad en disputa: conflictos socioambientales en Bogotá. Revista Ciudad Paz-ando, 16(1), 128 – 141. doi: <https://doi.org/10.14483/2422278X.20604>
- Nava, C. (2018). Conflictos socio-ambientales. En Estudios Ambientales (3.a ed.). Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/10/4856/35b.pdf>
- Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. (1998). Guía metodológica para la gestión comunitaria de conflictos ambientales.

- <http://olca.cl/articulo/nota.php?id=2333>
- OSAL. Observatorio Social de América Latina. Movimientos socioambientales en América Latina, 13(32): 15. <https://maristellasvampa.net/archivos/ensayo59.pdf>
  - Prada, D. F. S. (2014). Acerca de la relación entre territorio, memoria y resistencia. Una reflexión conceptual derivada de la experiencia campesina en el Sumapaz. *Análisis Político*, 27(81), 19-31. <https://doi.org/10.15446/anpol.v27n81.45763>
  - Pérez, S. (2010). El valor estratégico del turismo rural como alternativa sostenible de desarrollo territorial rural. *Agronomía colombiana*, 28(3), 493-499. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652010000300018](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000300018)
  - Svampa, M. (2012). Consenso de los commodities, giro ecoterritorial y pensamiento crítico en América Latina. *Latina*. Universidad Santo Tomás (2021). Informe Censo de Población vereda Los Soches. [Doc. descargable]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/48097>
  - Vargas, L. (2021). IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONFLICTOS AMBIENTALES EN LA LOCALIDAD DE USME, BOGOTÁ, D.C. [trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional-Universidad Distrital FJC

## PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVO DEL ECOBARRIO LA ESMERALDA

**Autores:** Erika Katherine Sánchez Guevara<sup>1</sup> – eksanchezg@udistrital.edu.co  
Jorge Enrique Pérez Ayure<sup>2</sup> – jepereza@udistrital.edu.co  
Lady Nataly Zamudio Suárez<sup>3</sup> – lnzamudios@udistrital.edu.co

**Docente asesor:** Helmut Espinosa García

**Semillero de Investigación:** Desarrollo, ruralidad y municipio

### RESUMEN DE TRABAJO DE GRADO

Con el informe Brundtland en 1987 y la Conferencia de Río en 1992 surgió el interés por el desarrollo sostenible y el auge por las ciudades sustentables, así, desde los años ochenta se han instaurado ecobarrios a nivel mundial (Flores, 2013), obteniendo transformaciones positivas en el sistema urbano y dinámicas locales fundamentadas en relaciones sociales y ecológicas que trasciendan a la sostenibilidad y buen vivir (Giraldo, 2019).

En este sentido, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) Bogotá Verdece 2022-2035, dentro del subprograma 6 incluye como estrategia de intervención la implementación de ecobarrios (Concejo de Bogotá, 2021).

Agregado a esto, los ecobarrios integran dinámicas ambientales, sociales, económicas y de gobernabilidad para lograr desarrollo local, cohesión social y ordenamiento ambiental del territorio, por tanto, surgen herramientas como los sistemas de información geográficos participativos con el fin de implementar Sistema de Información Geográfica (SIG) a través de construcción social, facilitando la toma de decisiones en comunidades mediante el estudio de datos espaciales y apoyando la formulación de planes y programas (Barrera, 2009).

De tal manera, el área de estudio seleccionada fue el barrio La Esmeralda, ubicado en la Unidad de Planeación Local

<sup>1</sup> Especialización en Ambiente y Desarrollo Local, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<sup>2</sup> Especialización en Ambiente y Desarrollo Local, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<sup>3</sup> Especialización en Ambiente y Desarrollo Local, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.



(UPL) Teusaquillo de Bogotá, territorio caracterizado por amplias zonas verdes y deportivas, bosque urbano, la granja Marielita de fauna silvestre y doméstica, huertas comunitarias, gestión integral de residuos sólidos, energía y agua. En esta misma línea, desde hace 5 años la Junta de acción comunal creó el concepto de los 7 ejes del ecobarrio, a partir del cual, desarrolla actividades basadas en educación ambiental y cambio cultural junto con la comunidad. En consecuencia, se encuentra en proceso de reconocimiento como ecobarrio por el Distrito y es el primer ecobarrio en Bogotá certificado con sello verde fase II 'EcoQuartier' por el Gobierno francés (Secretaría del Hábitat, 2022).

El acotamiento de la zona de estudio se basó en el evidenciamiento de (i) desacuerdos por uso del espacio público como bien común, generando conflictos de intereses entre grupos sociales que lideran las actividades socioambientales, (ii) el ambiguo modelo de gobernanza dado por la debilidad de alianzas entre actores y la imprecisión en sus

competencias, (iii) la inexistencia de un SIG socioambiental en el ecobarrio y la dificultad de entender los procesos ecológicos y medioambientales que inciden en la inadecuada planificación, así como, (iv) las estructuras de información espacial desactualizadas y desarticuladas que ocasionan fraccionamiento, dispersión y divergencia de datos.

Considerando lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo proponer un sistema de información ambiental participativo del ecobarrio la Esmeralda como instrumento del ordenamiento local dentro de un modelo de inteligencia territorial para contribuir en la construcción de lineamientos del plan maestro socioambiental.

En tal sentido, se empleó la metodología de investigación cuali-cuantitativa y como base conceptual la praxis de la inteligencia territorial y territorios posibles, con enfoque multidisciplinario que implicó participación de investigadores y actores territoriales para la co-construcción de conocimiento y del

SIG participativo, esto, a través del enriquecimiento mutuo entre ciencia y práctica para el desarrollo sostenible del territorio (Bozzano, 2018).

Así, la aplicación de los territorios posibles contempló un espacio donde los escenarios pensados y existentes de la Esmeralda se convierten en realidad para transformar la vida de la población (Universidad Nacional de La Plata, s.f.), dichos territorios posibles construyen sociedades espacial y temporalmente habilitadas gracias a la inteligencia territorial, integrando la justicia territorial cognitiva, social, ambiental, económica y pública (Bozzano, 2016).

En efecto del desarrollo de los objetivos, inicialmente se caracterizó el escenario real de la Esmeralda mediante 4 dimensiones del desarrollo sustentable: ecológico-ambiental, sociocultural, técnico-económica y político-ideológica, en este sentido, se recopiló y exportó información geográfica institucional, y se construyó información mediante visitas de campo con la herramienta Avenza Maps,

dichos datos se procesaron con el software QGIS, obteniendo 19 mapas y el diagnóstico en término de las dimensiones.

En segunda instancia, se identificó y analizó los actores locales, en donde tuvo lugar la consulta de fuentes secundarias, normatividad, e interposición de derechos de petición de información, además, se aplicó 8 entrevistas semiestructuradas para obtener las competencias de los actores en el marco del ecobarrio, por consiguiente, mediante el software MACTOR se valoró las posiciones de los actores frente a 6 objetivos de gobernanza propuestos, obteniendo las influencias y dependencias, convergencias y divergencias, y posteriormente, el desarrollo de la gobernanza ambiental local de la Esmeralda.

A continuación, se analizó las visiones de los territorios pensados y posibles empleando la entrevista semiestructurada y triangulación de datos, lo cual arrojó la determinación de 7 conflictos socioambientales, las visiones de actores en

5 categorías, las dinámicas del espacio y el escenario socioambiental posible. Con relación a este último, se propuso el modelo de los 10 ejes del ecobarrio, resultado de la interpolación de los territorios pensados (visiones de los actores, objetivos de gobernanza) y los territorios reales (conflictos socioambientales, armonización entre los 7 ejes del ecobarrio, lineamientos nacionales e internacionales y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)); aunado a lo anterior, el modelo destacó la participación incidente como pilar transversal, y reconoció como fundamental la implementación y actualización de herramientas de inteligencia territorial, tales como, sistemas de información geográfica y tecnologías de información y comunicación.

En último lugar, se desarrolló en Arcgis Online el visor geográfico del SIG socioambiental, alimentado por las capas desarrolladas anteriormente. Adicionalmente, se generó un manual de lineamientos para la construcción socioambiental del territorio, que contiene: lineamientos para la planificación

socioambiental, lineamientos para la implementación de los 10 ejes y la propuesta del escenario posible, que contribuye a la formulación del plan maestro socioambiental y cumplimiento de los compromisos del ÉcoQuartier, es de resaltar que estos productos se entregaran a la comunidad.

Dentro de los logros alcanzados por esta investigación destacan: consolidar el primer visor geográfico de un ecobarrio en Bogotá, proporcionar una herramienta SIG para la democratización de información, la propuesta de 10 ejes para cumplir los compromisos del ÉcoQuartier, contribuir a las apuestas del gobierno distrital, nacional, y ODS, dar mayor claridad a las competencias de actores involucrados en el ordenamiento como ecobarrio, y finalmente, producir y visualizar a través del SIG la gestión socioambiental local realizada por la comunidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera, S. (2009). Reflexiones sobre sistemas de información geográfica

- participativos (SIGP) y cartografía social. *Revista Colombiana de Geografía*, (18), 9-23. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/26151>
- Bozzano, H. (2016). Inteligencia territorial y Justicia territorial en América Latina. 1313-1337. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120257>
  - Bozzano, H. (2018). Territorios posibles e inteligencia territorial: una fórmula entre la gente, la ciencia y las políticas públicas. Casos en Argentina y Colombia. (54), 26-85. [https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.11609/pr.11609.pdf](https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.11609/pr.11609.pdf)
  - Concejo de Bogotá. (2021). *Plan de Ordenamiento Territorial - POT Bogotá Verdece 2022 – 2035*. Alcaldía de Bogotá. [https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T\\_NORMA\\_ARCHIVO&p\\_NOR](https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NOR)
  - MFIL\_ID=28934&f\_NORMFIL\_FIL E=X&inputfileext=NORMFIL\_FILEN AME
  - Flores, M. (2013). El eco barrió, una alternativa para el mejoramiento urbano de los asentamientos irregulares. *I3(43)*. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212013000300003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212013000300003&lng=es&tlng=es)
  - Giraldo, M. (2019). *Proceso de transición socio ecológica hacia la sostenibilidad a escala barrial, Ecobarrios San Antonio y Aguacatal de Santiago de Cali, Colombia*. Universidad Externado de Colombia. <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3240004/>
  - Secretaría del Hábitat. (2022). *Embajada de Francia certifica con sello verde “Eco Quartier” al Ecobarrio de La Esmeralda en*

*Teusaquillo*. [https://  
www.habitatbogota.gov.co/prensa/  
noticias/embajada-francia-certifica-sello-  
verde-eco-quartier-al-ecobarrio-  
esmeralda-teusaquillo](https://www.habitatbogota.gov.co/prensa/noticias/embajada-francia-certifica-sello-verde-eco-quartier-al-ecobarrio-esmeralda-teusaquillo)

- Universidad Nacional de La Plata. (s.f). *Territorios posibles*. Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales. [https://  
idihcs.fahce.unlp.edu.ar/  
territoriosposibles/](https://idihcs.fahce.unlp.edu.ar/territoriosposibles/)

## MODELO DE EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DESCARGADA EN HUMEDALES PRODUCTO DE LA ESCORRENTÍA URBANA

**Autor:** Juan David Sebastián Osorio Sánchez<sup>1</sup> – jdosorios@udistrital.edu.co

**Docente asesor – Coautor:** Carlos Alfonso Zafra Mejía – czafra@udistrital.edu.co

**Grupo de investigación:** GIIAUD

### RESUMEN DE TRABAJO DE GRADO

La existencia de componentes metálicos en zonas geográficamente aisladas ha suscitado un considerable interés en examinar los mecanismos de dispersión en el entorno urbano a través de medios como el aire, el agua y el suelo. En estas áreas urbanas, la principal vía de entrada de metales pesados ha sido la atmósfera. Este fenómeno según lo observado por Zafra, Temprano, and Tejero (2007), se explica en parte por la alta volatilidad de ciertos metales, como el mercurio (Hg) y el plomo (Pb), lo que facilitó el transporte de estos.

Por otro lado, los metales menos volátiles, como el cobre (Cu) y el zinc (Zn), se encontraban asociados a partículas finas presentes en las masas de aire, lo que fortalece

el transporte atmosférico. En ese sentido, existen pruebas contundentes, que a nivel nacional, la contaminación del aire provocada por actividades relacionadas con el transporte y la industria, han alcanzado niveles críticos en las principales rutas de tránsito del país, como reportaron (Zafra et al., 2013).

A nivel acuático los metales pesados tales como Hg, As, Cd, Pb, Cr, Zn y Ni tienen un impacto significativo en las comunidades biológicas. Estos metales han sido identificados por la U.S. EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Americanos) como parte de los 10 metales tóxicos prioritarios, los cuales están prohibidos de ser descargados o vertidos en sistemas marinos y de agua dulce según

---

<sup>1</sup> Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

acuerdos internacionales (Pabón et al., 2020).

La contaminación acuática por metales pesados derivada de actividades antrópicas puede ocurrir debido al vertido directo de aguas residuales, tanto de forma intencional como accidental, así como por la filtración de estas aguas al subsuelo (Aguilar et al. 2023). Estas fuentes de contaminación representan una preocupación importante, ya que pueden introducir cantidades significativas de metales pesados en los sistemas acuáticos, alterando su equilibrio ecológico (Arroyo, 2021).

En los sistemas de captación de aguas lluvias, la contaminación, generada por actividades humanas en la superficie de estas captaciones, se transporta a través del flujo de escorrentía, incluyendo la suspensión de sedimentos como metales pesados. Los estudios sobre la caracterización de la contaminación en la escorrentía urbana han aumentado significativamente en número en los últimos años (Anta et al., 2007). Para la ciudad de Bogotá estos sistemas de captación de aguas lluvias en su mayoría terminan en los cuerpos de agua como ríos y humedales (Secretaría

Distrital de planeación, 2020).

Es en ese sentido, surge la pregunta de investigación bajo la cual se desarrolla el trabajo de grado: ¿Qué variables debe considerar un modelo de evaluación integral de la contaminación por metales pesados en humedales, a partir de la escorrentía superficial generada por la ciudad de Bogotá D.C.? Para dar respuesta se planteó el siguiente objetivo principal: Desarrollar un modelo de evaluación de la contaminación por metales pesados descargada en el humedal de Capellanía (Bogotá, Colombia) producto de la escorrentía superficial.

La investigación se desarrolló en el humedal de Capellanía, el cual se ubica en la localidad de Fontibón (Bogotá D.C.). El Humedal Capellanía abarca una superficie total de 27 hectáreas (EAAB, 2008).

La primera fase de la investigación consistió en una revisión sistemática de literatura acerca de los contaminantes presentes en los sedimentos, variables que los afectan

metales pesados y modelos para evaluar el grado de contaminación por sedimentos viales asociados con el sistema hídrico urbano. La revisión se realizó durante el período comprendido entre los años 2012-2022 (Fuentes y López, 2020).

Esta revisión permitió determinar las principales variables agrupadas en las siguientes categorías: comportamiento de los sedimentos, hidrología del humedal y metales pesados en sedimentos. Dando paso a la siguiente fase, la cual consistió en el desarrollo del modelo de evaluación de contaminación por metales pesados en el humedal Capellanía, este se fundamentó en diversas etapas. Inicialmente, se recopiló información internacional procedente de dos estudios llevados a cabo en La Coruña, España, realizados por (Anta et al., 2007) y (Jiménez et al., 2022). A partir de estos estudios, se construyó una base de datos que incluye las concentraciones de sólidos totales y metales pesados en sedimentos viales.

Posteriormente, se empleó un análisis de

componentes principales para identificar variables clave en el comportamiento de los metales pesados (Rendón et al., 2016). A partir de estos resultados, se diseñaron regresiones lineales que modelaron la relación entre sólidos totales y metales pesados específicos. Este enfoque permitió establecer la conexión entre la presencia de sólidos en la escorrentía y la concentración de metales pesados, mejorando las estimaciones de contaminación estas regresiones presentaron valores de  $R^2$  significativos para cada metal: 0,63 para el cromo, 0,68 para el cobre, 0,76 para el níquel, 0,67 para el plomo y 0,87 para el zinc. Además, se consideraron datos climáticos y morfológicos del humedal para desarrollar un modelo dinámico que simula su comportamiento hidrológico y su interacción con los metales pesados.

Este estudio aseguró la confiabilidad del modelo mediante dos métodos de validación. En primer lugar, se realizó un análisis de sensibilidad utilizando Vensim® para



evaluar la respuesta del modelo ante cambios en sus parámetros clave, identificando las variables más influyentes (García et al., 2020). En segundo lugar, se llevó a cabo una comparación detallada entre los datos modelados y la información real de cuatro humedales en Bogotá (El Burro, Juan Amarillo, Torca Guaymaral y Capellanía), incluyendo la concentración de metales pesados y sólidos totales en la escorrentía superficial. Esta comparación validó la precisión del modelo y su capacidad para representar adecuadamente el comportamiento de los metales pesados en la cuenca del humedal Capellanía.

Durante el desarrollo de la investigación, se logró evaluar la contaminación por metales pesados en el Humedal de Capellanía, donde se obtuvo que la carga anual estimada de metales pesados que ingresan al humedal a través de los sedimentos en toneladas es de: 6,89 de zinc, 4,86 de plomo, 4,42 de níquel, 5,08 de cromo y 4,19 de cobre. La solidez de estos hallazgos se fundamenta en pruebas estadísticas rigurosas y validaciones

exhaustivas del modelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, D. Díaz, A. Ortega, B. Lira, M. F. & López, M. (2023). Evaluación de la presencia de metales pesados en los sedimentos del río de Cata. *Verano de La Ciencia*. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4075>
- Anta, J. Peña, E. & Suárez, J. (2007). *Un proceso de selección de BMP basado en la granulometría de los sólidos de escorrentía en una cuenca urbana independiente*.
- Arroyo, C. (2021). *Revisión Sistemática: Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores del Estado Ecológico de los Cuerpos de Agua Lóticos, para Monitoreo no Tradicionales. 0–2*.
- EAAB. (2008). Plan de Manejo Ambiental Humedal Capellanía.

- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá*, 3(9), 1–521.
- Fuentes Nieto, C. & López Velandia, C. C. (2020). Análisis de las transformaciones en las coberturas del humedal urbano Tibanica, localidad de Bosa, Bogotá D. C. *Territorios*, 43, 1–24. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.7951>
  - García-León, G. Beltrán-Vargas, J. & Zafra-Mejía, C. (2020). Modelación dinámica del comportamiento hidrológico de un humedal urbano bajo condiciones del fenómeno ENSO. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1750>
  - Jiménez-Fernández, V. Suárez-López, J. & Zafra-Mejía, C. A. (2022). *Análisis de parámetros fisicoquímicos sustitutos para el estudio de la contaminación por metales pesados en la escorrentía viaria urbana.*
  - Pabón, S. Benítez, R. Sarria, R. & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9–18. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-83672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
  - Rendón-Macías, M. Villasís-Keever, M. & Miranda-Novales, M. (2016). Estadística descriptiva. *In Rev Alerg Mex* 63(4). <https://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/230>
  - Secretaría Distrital de planeación. (2020). *Documento de diagnóstico POT Bogotá D.C.*
  - Zafra, C. Rodríguez, L. & Torres, Y. (2013). Metales pesados asociados con las partículas atmosféricas y sedimentadas de superficies viales: Soacha (Colombia). *Revista Científica*,

1(17), 113. <https://doi.org/10.14483/23448350.4571>

- Zafra, C. Temprano, J. & Tejero, I. (2007). Contaminación por escorrentía superficial urbana: metales pesados acumulados sobre la superficie de una vía. *Ingeniería e Investigación*, 27(1), 4–10.

## DIRECTRICES PARA AUTORES

### **Ámbito del boletín**

El Boletín Semillas Ambientales constituye un espacio dedicado a difundir los avances en investigación que se desarrollan en la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, en especial por parte de los semilleros de investigación, así como de otras instituciones que traten temas afines.

Su objetivo principal es crear un medio para que los estudiantes se formen en la publicación de documentos científicos. Así mismo, pretende publicar notas cortas acerca de las actividades que vienen realizando los semilleros de investigación de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y de otras instituciones.

Desde su creación en el año 2007, el boletín ha sido editado y publicado por la Unidad de Investigaciones de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tiene una frecuencia de publicación de dos veces al año desde el año 2007 –III. La calidad del boletín se ha ido fortaleciendo gracias a la colaboración de los docentes evaluadores.

Este boletín provee acceso libre a su contenido, lo cual fomenta un mayor intercambio de conocimiento entre semilleros y la comunidad académica en general.

# DIRECTRICES PARA AUTORES

## Tipos de manuscritos

### 1- Artículos científicos

Los manuscritos formato artículo científico acerca de los resultados parciales o finales de proyectos de Investigación, NO deben exceder las 2000 palabras de texto (no incluye título, resumen, abstract ni literatura citada).

El artículo científico debe contener las siguientes secciones (que no serán diferenciadas en el texto final)

- Título (máximo 15 palabras).
- Autores y correo electrónico de contacto de cada uno (proyecto curricular al que pertenecen como nota al pie, máximo 3 autores por manuscrito).
- Docente asesor
- Semillero de investigación al cual se encuentran vinculados los autores.
- Resumen (máximo 200 palabras).
- Palabras clave (máximo 6).
- Introducción: incluye marco teórico, presentación del problema y objetivos o pregunta(s) de investigación (máximo 400 palabras).
- Métodos (incluye área de estudio cuando sea pertinente).
- Resultados finales o parciales.
- Discusión (Interpretación de los resultados obtenidos)
- Conclusiones (Debe indicar la demostración o negación de la hipótesis o la comprobación del objetivo propuesto)
- Agradecimientos (estos deben ser cortos y no exceder las 100 palabras).
- Referencias bibliográficas en formato APA última edición.

El manuscrito debe presentarse en formato Word a doble espacio (2,0), letra Times New Roman, tamaño fuente 12 puntos, justificado.

El texto debe estar separado de tablas y figuras las cuales van en un archivo aparte.

Máximo una tabla y/o figura por cada 500 palabras.

Manuscritos que no cumplan estas normas no serán aceptados.

### 2- Artículos de reflexión

Los manuscritos formato artículo de reflexión NO deben exceder las 2000 palabras de texto (no incluye título ni literatura citada).

El artículo de reflexión debe contener las siguientes secciones (que no serán diferenciadas en el texto final)

- Título (máximo 15 palabras).
- Autores y correo electrónico de contacto de cada uno (proyecto curricular al que pertenecen como nota al pie, máximo 3 autores por manuscrito).
- Docente asesor

## DIRECTRICES PARA AUTORES

- Semillero de investigación al cual se encuentran vinculados los autores.
- Palabras clave (máximo 6).
- Introducción (incluye un desarrollo teórico y marco conceptual)
- Reflexión.
- Conclusiones.
- Referencias bibliográficas en formato APA última edición.

El manuscrito debe presentarse en formato Word a doble espacio (2,0), letra Times New Roman, tamaño fuente 12 puntos, justificado.

El texto debe estar separado de tablas y figuras las cuales van en un archivo aparte.

Máximo una tabla y/o figura por cada 500 palabras.

Manuscritos que no cumplan estas normas no serán aceptados.

### 3- Resumen de trabajo de grado / ponencia

Exponen los resultados generales de trabajos de grado destacados en las diferentes áreas del conocimiento, pero no son presentados en su totalidad para permitir publicaciones posteriores. Los manuscritos formato resúmenes de ponencias NO deben exceder las 1000 palabras de texto (no incluye título ni literatura citada).

El resumen debe contener las siguientes secciones (que no serán diferenciadas en el texto final)

- Título (máximo 15 palabras)
- Autores y correo electrónico de contacto de cada uno (proyecto curricular al que pertenecen como nota al pie).
- Docente asesor
- Semillero de investigación al cual se encuentran vinculados los autores (para resúmenes de ponencia).
- Resumen de trabajo de grado o ponencia.
- Agradecimientos (para trabajo de grado, estos deben ser cortos y no exceder las 100 palabras).
- Referencias bibliográficas en formato APA última edición.

El manuscrito debe presentarse en formato Word a doble espacio (2,0), letra Times New Roman, tamaño fuente 12 puntos, justificado.

El texto debe estar separado de tablas y figuras las cuales van en un archivo aparte.

Máximo una tabla y/o figura por cada 500 palabras.

Manuscritos que no cumplan estas normas no serán aceptados.

### 4- Reseñas libros

Los manuscritos formato reseña de libros NO deben exceder las 500 palabras de texto (no incluye título).

El manuscrito debe contener las siguientes secciones (que no serán diferenciadas en el texto final)

## DIRECTRICES PARA AUTORES

- Título (máximo 15 palabras).
- Autores y correo electrónico de contacto de cada uno (proyecto curricular al que pertenecen como nota al pie).
- Docente asesor
- Semillero de investigación al cual se encuentran vinculados los autores
- Argumentos o ideas centrales del texto.
- Valoración sobre el texto seleccionado.
- Referencias bibliográficas en formato APA última edición

El manuscrito debe presentarse en formato Word a doble espacio (2,0), letra Times New Roman, tamaño fuente 12 puntos, justificado.

Manuscritos que no cumplan estas normas no serán aceptados.

### 5- Comentarios de artículos

Los manuscritos formato comentarios de artículos NO deben exceder las 500 palabras de texto (no incluye título ni literatura citada).

El manuscrito debe contener las siguientes secciones (que no serán diferenciadas en el texto final)

- Título (máximo 15 palabras).
- Autores y correo electrónico de contacto de cada uno (proyecto curricular al que pertenecen como nota al pie).
- Docente asesor
- Semillero de investigación al cual se encuentran vinculados los autores.
- Presentación del artículo que se va a comentar, indicando el título, el autor, año de publicación y tema tratado.
- Comentarios del artículo.
- Referencias bibliográficas en formato APA última edición

El manuscrito debe presentarse en formato Word a doble espacio (2,0), letra Times New Roman, tamaño fuente 12 puntos, justificado.

Manuscritos que no cumplan estas normas no serán aceptados.

### 6- Comentarios de eventos

Los manuscritos formato comentarios de eventos NO deben exceder las 500 palabras de texto (no incluye título ni literatura citada).

El manuscrito debe contener las siguientes secciones (que no serán diferenciadas en el texto final)

- Título (máximo 15 palabras).
- Autores y correo electrónico de contacto de cada uno (proyecto curricular al que

## DIRECTRICES PARA AUTORES

pertenecen como nota al pie).

- Docente asesor
- Semillero de investigación al cual se encuentran vinculados los autores
- Introducción (contextualización acerca del evento al que se asistió, indicando la fecha y el lugar en la que se llevó a cabo, tema tratado y la entidad o dependencia que la dirigió).
- Comentarios del evento.
- Referencias bibliográficas en formato APA última edición.

## CONSIDERACIONES

**Nombres científicos:** Los nombres científicos deben estar en cursivas, nombre completo en latín (género, especie y autor) la primera vez que se mencionan.

**Unidades de medida:** Las unidades de medida deben corresponder al sistema métrico decimal. Se debe usar súper índice (m<sup>2</sup>, mm<sup>2</sup>) excepto cuando la unidad es un objeto (e.g. por árbol, por localidad, por persona, NO: árbol1, localidad1 o persona1).

**Tablas:** Las tablas se deben presentar en hojas aparte (una tabla por hoja). Estas se deben presentar en fuente Times New Roman, tamaño 10, a doble espacio. Los encabezados de las columnas deben ser breves. La leyenda de la tabla va al inicio de la misma.

**Figuras (incluye gráficas, fotos, diagramas):** Se deben presentar en hojas aparte, una figura por hoja. Tamaño máximo 13 cm x 21 cm. Las gráficas deben estar en blanco y negro, sin líneas, fondo blanco y con tramas para resaltar variables y convenciones. Cada figura debe tener su respectiva leyenda en la parte inferior.

**Referencias bibliográficas:** La literatura citada debe estar citada según las **normas APA última edición**.

**Nota:** Debe estar ordenada alfabéticamente según el apellido del primer autor y cronológicamente para cada uno, o cada combinación de autores. Se escriben los nombres de todos los autores, sin usar et al. Los nombres de las publicaciones seriadas deben escribirse completos, no abreviados.



**UNIDAD DE INVESTIGACIONES  
FACULTAD DEL MEDIO  
AMBIENTE Y RECURSOS  
NATURALES**

**Coordinador:** Juan Pablo Rodríguez Miranda

**Asistente:** Melisa Naranjo Rodríguez

**Secretaria:** Lorena Pulido Urrea

**Monitora:** Maira Alejandra Garzón Saldaña

**Sede:** Vivero

**Oficina:** Edificio Natura - 2do piso

**Teléfono PBX:** 3239300. Ext 4015, 4017

**Sede:** Ciudadela Universitaria Bosa Porvenir

**Oficina:** 240, Bloque 3

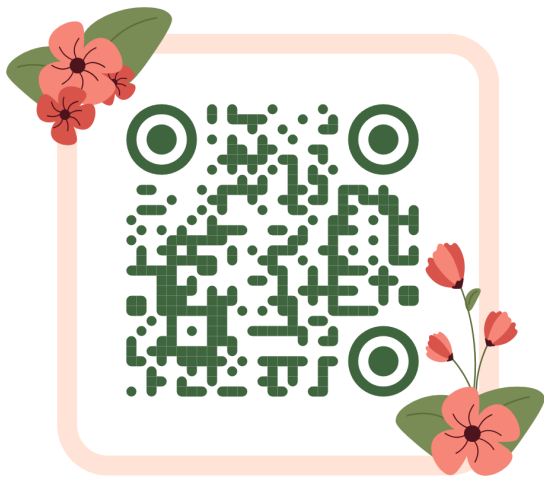
**Teléfono PBX:** 3239300. Ext 4213

**Email:** [facmedioamb-uinv@udistrital.edu.co](mailto:facmedioamb-uinv@udistrital.edu.co)

**DIRECCIÓN WEB**

<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/>

bsa



**REVISTAS EN LAS QUE PUEDES  
PUBLICAR**

**Colombia forestal:** Revista Indexada categoría C de Colciencias adscrita a la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Contacto:**

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor>

**UD y la GEOMÁTICA:** Revista Indexada categoría C de Colciencias, adscrita a la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Facultad de Ingeniería de la Universidad.

**Contacto:**

<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo>

**Tecnogestión:** Revista del proyecto curricular de Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Contacto:**

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/teges>

**Azimut:** Revista de los proyectos curriculares de Ingeniería Topográfica y Tecnología en Levantamientos Topográficos de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Contacto:**

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut>

Para mayor información sobre la creación de un semillero de investigación se puede dirigir directamente a la oficina de la Unidad de Investigaciones de la Facultad del Medio Ambiente, Sede Vivero Edificio Natura 2º piso, o escribir al correo: [facmedioamb-uinv@udistrital.edu.co](mailto:facmedioamb-uinv@udistrital.edu.co)

El formulario para la creación y registro de un semillero de investigación ante el Oficina de Investigaciones –ODI, lo puede descargar en <http://planeacion.udistrital.edu.co:8080/sigud/pm/gi>

Mayor información sobre los semilleros de investigación de la Facultad registrados ante el Oficina de Investigaciones –ODI puede conseguirla en <https://odi.udistrital.edu.co/>