

Redes de Ingeniería

E-ISSN: 2248-762X

Vol. 9 No. 1

Enero-Junio 2018

redesingenieria.ud@correo.udistrital.edu.co

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



**UNIVERSIDAD DISTRICTAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

DIRECTIVAS

Ricardo García Duarte

Rector

Carlos Enrique Montenegro Marín

Decano Facultad de Ingeniería

REVISTA REDES DE INGENIERÍA

Ph.D. Nelson Leonardo Díaz Aldana

*Editor de la revista, Universidad Distrital
Francisco José de Caldas – Colombia*

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle

Universidad de Oviedo - España

Dr. Oscar Sanjuán

ElasticBox - Estados Unidos

Dr. Rubén Aristides González Crespo

*Universidad Internacional de la Rioja – UNIR -
España*

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Giovanni Mauricio Tarazona Bermúdez

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas -
Colombia*

Dr. Cristina Pelayo

Universidad de Oviedo - España

Dr. Daniel Burgos

*Universidad Internacional de la Rioja- Unir -
España*

Dr. Edward Rolando Núñez

Universidad Carlos III de Madrid - España

Dr. I-Hsien Ting

National University of Kaohsiung - China

Dr. Jordán Pascual

Universidad de Oviedo - España

Dr. Luis Joyanes

Universidad Pontificia de Salamanca - España

Dra. Luz Andrea Rodríguez

Universidad de los Libertadores - Colombia

Dr. Manuel Pérez

Universidad de Vigo - España

Dra. María Mercedes Larrondo

Florida Atlantic University - Estados Unidos

Dr. Pablo Jojoa

Universidad del Cauca - Colombia

Dr. Paulo Gaona

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Colombia*

Dr. Rafael Bello

Universidad Central de las Villas - Cuba

Dr. Raúl Ramos

Universidad Industrial de Santander - Colombia

Dr. Roberto Ferro Escobar

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Colombia*

Dr. Wilfrido Moreno

University of South Florida - Estados Unidos

Dr. Vicente García Díaz

Universidad de Oviedo -España

COMITÉ EVALUADOR

PhD. Jorge Alberto Sánchez Espinosa

Universidad Nacional de Colombia

PhD. Luis Alejandro Díaz Aldana

Universidad de Ohio – Estados Unidos

M.Sc. Julián Francisco Figueroa Espinel

Pontificia Universidad Javeriana - Colombia

M.Sc. Julie Alexandra Díaz Montealegre

Tecnológico de Monterrey – México

M.Sc. Mauricio Peña Parra

*Universidad Autónoma De Occidente –
Colombia*

M.Sc. Jesus David Romero Betancur

Universidad de Buenos Aires, Argentina

M.Sc. Francly Nataly Zamora Vacca

*Universidad Nacional abierta y a Distancia -
Colombia*

M.Sc. José Alonso Calvo Araya

Universidad Nacional de Costa Rica

PREPARACIÓN EDITORIAL

Edna Johanna Cañas

Gestora editorial

Jenny Alexandra Jiménez

Corrección de Estilo

David Mauricio Valero

Diagramación

REVISTA REDES DE INGENIERÍA

Redes de Ingeniería es una revista electrónica Institucional adscrita a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es una revista de carácter semestral que publica los resultados de Investigación, revisión, reflexión de la comunidad académico-científica los meses Junio y Diciembre de cada año. Posee un sistema de divulgación netamente electrónico y su primer número fue publicado en Junio del 2010.

Redes de Ingeniería es una revista arbitrada mediante un proceso de revisión entre pares de doble ciego. Las opiniones expresadas de esta publicación pueden ser reproducidas citando la fuente.

COBERTURA TEMÁTICA

Las líneas de publicación de la revista están enmarcadas en las áreas de las Telecomunicaciones, Electrónica, Sistemas, Bioingeniería, Eléctrica, Medio Ambiente, Educación, Industrial, Geomática; además de todos aquellos temas que converjan hacia la Ingeniería.

MISIÓN

La revista Redes de Ingeniería tiene el objetivo de servir como medio de divulgación de los resultados obtenidos a través procesos de investigación, reflexión, indagación en entornos Educativos y Empresariales en temas de actualidad en “pro” del mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad en general.

PÚBLICO OBJETIVO

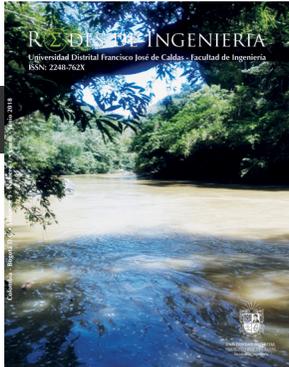
Investigadores, docentes, estudiantes y demás profesionales de las ramas de la Ingeniería que deseen estar a la vanguardia de las teorías y/o tecnologías que rigen y regirán el mundo moderno desde un enfoque científico.

REPRODUCCIÓN

Los textos de los artículos son publicados bajo la responsabilidad de los autores y no reflejan el pensamiento de la revista, ni comprometen de ninguna manera a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

INDEXACIÓN

La revista Redes de Ingeniería es una publicación electrónica registrada en EBSCO HOST, en el índice bibliográfico e-revistas, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas Latinoamericanas en ciencias PERIÓDICA, REDIB, DOAJ y Latindex.



Redes de Ingeniería
E-ISSN: 2248-762X
Vol. 9 No. 1
Enero-Junio 2018

T Tabla de Contenido

El papel del I3+ dentro de los campos estratégicos de nuestra ciudad-región

Paulo Alonso Gaona García

4-7

Metodología de diseño electrónico aplicado en circuito detector de agua

Electronic design methodology applied in water detector circuit

Leidy Catherine Díaz Montealegre, Alexander López Téllez

8-14

Evaluación de la eficiencia de biodepuración para aguas de pozos profundos en la sabana de Bogotá

Evaluation of biodepuration efficiency for deep well waters in the sabana de Bogotá

Germán Melo Quintana, Ligia Consuelo Sánchez Leal, Edgar Agudelo López

15-25

Producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) como alternativa para el tratamiento de residuos sólidos de origen vegetal en Bogotá D.C.

Production of orellanas (*Pleurotus ostreatus*) as an alternative for the treatment of solid residues of vegetable origin in the city of Bogotá D.C.

Paulo Germán García Murillo

26-31

Índice de capacidad con perfiles lineales en el proceso de concentración y potencial de hidrógeno de fungicidas

Index of capacity with linear profiles in the process of concentration and potential of hydrogen of fungicides

Jorge Andrés Trillos García, María Alejandra Vilorio Canole, Roberto José Herrera Acosta

32-38

Evaluación de tres desinfectantes contra el moho gris causado por *Botrytis cinerea* en el cultivo de rosa

Evaluation of three disinfectant cleaners against gray mould caused by *Botrytis cinerea* in rose cultivation

Paulo Germán García Murillo

39-45



El papel del I3+ dentro de los campos estratégicos de nuestra ciudad-región

Doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.14465>

Los grandes retos presentes en nuestra sociedad son aspectos que requieren de una atención especial para abordarlos desde diferentes aristas. En la actualidad se dispone de una gran cantidad de datos que requieren estrategias y mecanismos para procesar, clasificar y analizar, con el fin de, finalmente, tomar decisiones.

La dinámica presente permite que surjan altas demandas en el consumo de servicios sobre diversas áreas y campos de formación. El progreso de la ciencia y la tecnología también genera la necesidad de actualizar el conocimiento y la infraestructura, con el propósito de mejorar la calidad de vida. Los retos y desafíos que diariamente se evidencian en el entorno, deben ir de la mano con el desarrollo tecnológico y de innovación; no obstante, estos escenarios son poco frecuentes debido a diversos factores y dinámicas presentes en el entorno socioeconómico, político y cultural. Se está en una sociedad acelerada, inmersa en situaciones por resolver que demandan cada día una mayor atención por parte de las entidades gubernamentales, y la realidad local no es ajena a estos desafíos; de acuerdo con recientes informes de la Organización Mundial de Salud (OMS), Bogotá D.C. es una de las ciudades en Latinoamérica que presenta los índices más altos de contaminación en el aire [1]; al mismo tiempo, presenta problemáticas en temas de movilidad urbana, seguridad y atención ciudadana. Estos, entre otros aspectos, han sido coyunturas que se han venido presentando en la ciudad y han requerido de una atención especial por diversos sectores estatales, gubernamentales, industriales y, por supuesto, académicos.

Bajo este panorama, las instituciones académicas están llamadas a participar y aportar desde su mirada y proyección, a partir de la misma comunidad científica y cuerpos colegiados, de la mano con lineamientos nacionales y planes de desarrollo, así como políticas y directrices claras en ciencia y tecnología; en este sentido, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, como entidad pública, tiene la gran oportunidad y el propósito de ser parte de esta transformación mediante el aporte de toda su comunidad en la construcción de conocimiento e investigación como patrimonio científico y cultural de Bogotá D.C.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea la creación del Instituto de Investigación e Innovación en Ingeniería I3+, adscrito a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con el propósito de responder a las necesidades y problemáticas presentes en la ciudad, región y país, enmarcado dentro de varios entornos: (a) marco normativo nacional, definidos por planes de desarrollo a partir del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES); (b) Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias); (c) marco normativo distrital, definido por la reciente política pública de ciencia, tecnología e innovación para el Distrito Capital, (Política Distrital de CT+I 2018-2038) [2], y finalmente, (d) marco normativo local, mediante la reglamentación vigente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Por tanto, el I3+ apunta, en el marco de Visión Colombia 2032, a que el país evidencie competitividad en el ámbito regional e internacional con el ánimo de obtener recursos de inversión provenientes del extranjero, enfocados en mejorar la calidad de vida de la población; esta iniciativa se encuentra enmarcada dentro

del CONPES 3834 [3], documento que define los lineamientos de política pública y que busca estimular la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación, a través de algunas deducciones tributarias para el sector empresarial, entre otros beneficios para entidades del sector público y privado.

Para su conformación, el I3+ se crea de acuerdo con la Guía técnica para el reconocimiento de centro/institutos de investigación de Colciencias [4], con el propósito de articular a todos los grupos de investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, maestrías y doctorados, y realizar proyectos de investigación e innovación en áreas relacionadas con la ingeniería, así como transferencia de resultados de investigación. De esta manera, algunos de los objetivos del I3+ se relacionan con:

- Crear programas de investigación acorde con las necesidades y problemáticas vigentes en la ciudad-región y en el país.
- Desarrollar procesos de innovación e investigación que impacten o transformen los actuales entornos sociales, culturales, científicos y tecnológicos.
- Generar espacios de estudio y debate que ayuden a construir soluciones a problemáticas puntuales de la ciudad-región-país.
- Promover la realización de proyectos de investigación e innovación colaborativos con investigadores de ámbito nacional e internacional.
- Promover y permitir la participación activa de estudiantes, investigadores y egresados de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas vinculados al I3+, en la presentación y formulación de proyectos de investigación o innovación.

Dentro del marco institucional, el I3+ pretende ser una de las unidades que permita a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas dar cumplimiento de su misión institucional; fue así como desde la Facultad de Ingeniería, esta iniciativa surgió con el propósito de:

- Acercar la Universidad Distrital Francisco José de Caldas para que, a través del I3+, pueda brindar soluciones con el fin de mejorar la calidad de vida y aporte a la competitividad de la ciudad, la región y del país.
- Presentar indicadores de visibilidad y posicionamiento de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas a través de los grupos de investigación y los investigadores que trabajen en áreas relacionadas con la ingeniería.
- Fortalecer la Universidad Distrital Francisco José de Caldas mediante el acercamiento y articulación de la investigación e innovación con la empresa, el Estado y la sociedad.
- Llevar a cabo procesos de formación y capacitación de talento humano en investigación e innovación para el fortalecimiento de los currículos y mecanismos de acreditación de alta calidad.
- Fortalecer los vínculos con la sociedad mediante la creación y puesta al servicio de soluciones a problemáticas puntuales que mejoren la calidad de vida de la comunidad a través de procesos de innovación e investigación.

Por otro lado, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas cuenta con una gran responsabilidad para ofrecer planes de mejoramiento dentro del marco de la acreditación institucional, la cual recibió mediante resolución 23096 del 15 diciembre de 2016; dentro de estas recomendaciones consignadas existen varios aspectos asociados con el área de investigación que deben fortalecerse, esto con miras a presentar planes que permitan responder a las recomendaciones, dentro de las cuales se resaltan:

- Proceso de actualización del Plan Estratégico de Desarrollo 2007-2016, junto con el Proyecto Universitario Institucional, para actualizar y proyectar el contexto de la universidad hacia una ciudad-región cambiante, de tal forma que se puedan fortalecer los ejes estratégicos, tácticos y operativos de las funciones misionales de investigación y extensión como estrategia de proyección de la universidad para los próximos años.
- Fortalecer la asignación de funciones en investigación y proyección de los docentes para que logre un equilibrio con las demás funciones misionales de la labor.
- Estimular la interacción entre los docentes, los estudiantes y las autoridades académico administrativas de las distintas facultades, programas y grupos de investigación para facilitar el intercambio de conocimientos, experiencias y recursos que permitan potenciar la interdisciplinariedad y la producción académica, investigativa y tecnológica de la institución.
- Evaluar la pertinencia de continuar con un alto número de grupos de investigación para evitar la dispersión de recursos orientados a investigación y, con ello, disminuir nivel de impacto de líneas estratégicas de la institución.
- Incrementar la producción derivada de la actividad científica que tienen los grupos de investigación respecto a artículos publicados en revistas nacionales indexadas, principalmente artículos publicados en segundo idioma que hagan parte de bases de datos internacionales; asimismo, lograr la producción de desarrollos tecnológicos que sean objeto de protección por mecanismos de propiedad intelectual, según el campo de la disciplina al que pertenezca el grupo.

A partir de estas recomendaciones, el I3+ pretende contribuir y ser una herramienta de aporte para llevar a cabo el mejoramiento de actividades enmarcadas dentro del nuevo plan de desarrollo de la universidad (Plan de Desarrollo 2018-2030), así como el Plan Maestro de Investigaciones 2013-2019, con el propósito de fortalecer los ejes estratégicos y misionales asociados con la investigación e innovación para mejorar la proyección de la universidad en los próximos años.

El I3+ tiene como objetivo articular actividades investigativas, de desarrollo e innovación que estén directamente relacionadas con las áreas de conocimiento de ingeniería en toda la universidad, actividad que viene desarrollando el programa de Doctorado en Ingeniería, al hacer partícipes a investigadores y grupos de investigación de otras facultades como Medio Ambiente, Ciencias y Educación y Tecnológica; lo anterior ha permitido una interacción del cuerpo docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en beneficio de la creación de propuestas de investigación en líneas interdisciplinarias, articulándose con otras facultades en pro del desarrollo de iniciativas que den solución a problemas relacionados con la ciudad, región y país.

Finalmente, el I3+ apuesta por ser uno de los motores para la promoción de la investigación e innovación dentro de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con el propósito de responder a necesidades específicas de proyectos de investigación e innovación con alto impacto, tal como se contempla en el Plan Maestro de Investigaciones 2013-2019; en ese sentido, el Instituto de Investigación e Innovación en Ingeniería I3+ de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas será una unidad que posibilitará la articulación de un equipo de trabajo interdisciplinario que apoye actividades relacionadas con la cooperación, asociación de redes de investigación nacionales e internacionales, a partir de investigadores y grupos de investigación que institucionalmente han tenido un recorrido y alto reconocimiento de acuerdo con las últimas convocatoria realizadas por Colciencias.

Sea esta la oportunidad para invitar a todos los actores de la comunidad universitaria adscritos a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, instituciones académicas, centros e institutos de investigación nacionales e internacionales, sectores empresariales y de base tecnológica, así como organizaciones y entidades públicas y privadas, a ser parte de esta iniciativa cuyo propósito se centra en ofrecer otros escenarios de trabajo en los cuales la investigación e innovación sean uno de los ejes que permitan articular la academia y la extensión entre la Universidad y el sector empresarial y tecnológico, enmarcado dentro de la política pública de ciencia, tecnología e innovación distrital (2018-2038), además de aquellas otras de carácter nacional que se presenten para el fortalecimiento de la misión del I3+:

Propender la transformación social, cultural, científica y tecnológica de la ciudad-región y del país mediante el desarrollo de procesos de innovación e investigación en ingeniería orientada al mejoramiento de la calidad de vida de la población y al fortalecimiento de la competitividad [5].

Se espera que con la colaboración de toda la comunidad académica el I3+ pueda aportar a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas para que sea una institución influyente como patrimonio cultural y científico de la ciudad, región y país, también que el I3+ pueda responder a las problemáticas y retos actuales a través de campos estratégicos distritales para que logre articularse con políticas como la distrital de ciencia, tecnología e innovación, así como las diversas unidades de desarrollo vigentes en la ciudad, región y País.

Porque Jehová da la sabiduría,
Y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.
Proverbios 2:6 | RVR60
Bogotá D.C., 1 de diciembre de 2018

PhD. Paulo Alonso Gaona García
Docente investigador, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, Air pollution, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>
- [2] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Política Distrital de Ciencia y Tecnología. [En línea]. Recuperado de <http://www.sdp.gov.co/gestion-socioeconomica/politicas-sectoriales/politicas-publicas-sectoriales/politica-distrital-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion>
- [3] Colciencias, Documento CONPES 3834. [En línea]. Disponible en: <https://colciencias.gov.co/portafolio/unidad-politica/lineas-trabajo/disenio/documentos-conpes/conpes-3834>
- [4] Colciencias, Guía Técnica para el reconocimiento de centro/institutos de investigación de Colciencias, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reconocimiento/guia-autoevaluacion-centros-investigacion-act.pdf>
- [5] I3+ Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Misión. [En línea]. Disponible en: <https://i3.udistrital.edu.co/>





Metodología de diseño electrónico aplicado en circuito detector de agua

Electronic design methodology applied in water detector circuit

Leidy Catherine Díaz Montealegre¹ Alexander López Téllez²

Para citar: Díaz, L., y López, A. (2018). Metodología de diseño electrónico aplicado en circuito detector de agua. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 8-14, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.12969>.

Recibido: 19-febrero-2018 / **Aprobado:** 13-mayo-2018

Resumen

Con la metodología de diseño de circuitos electrónicos en el laboratorio se crea en los aprendices un interés por observar y explorar como pequeños científicos las características de la electrónica analógica y digital, teniendo como principio fundamental el reconocimiento teórico y matemático de la ley de Ohm, los teoremas y principios de diferentes científicos como Nikola Tesla, Thomas Edison y Georg Simon Ohm, guiados de un facilitador en el planteamiento, desarrollo y solución del problema para poder crear prototipos o productos de ciencia, tecnología e innovación con metodologías de investigación. Este artículo muestra el diseño, la construcción de circuitos electrónicos analógico-digitales y los procedimientos que realizan para obtener información experimental, enfocado en el proyecto denominado "Detector de humedad" que permite, como su nombre lo indica, detectar la humedad mediante la comprobación de continuidad eléctrica y cortocircuito, es decir, cuando viajan gran cantidad de electrones en el circuito está detectando la variable humedad y esto hace que el flujo de voltaje y corriente circule con facilidad para brindar un sonido en el parlante o prender un led.

Palabras clave: aprendiz, conductividad, electrónica analógica, electrónica digital, humedad.

Abstract

With the design methodology of electronic circuits in the laboratory, trainees are created an interest to observe and explore as small scientists the characteristics of analog and digital electronics, having as a fundamental principle the theoretical and mathematical recognition of the law of ohm, the theorems and principles of different scientists such as Nikola Tesla, Thomas Edison and Georg Simon Ohm, guided by a facilitator in the approach, development and solution of the problem, and thus, be able to create prototypes or products of science, technology and innovation using research methodologies. This article shows the design, the construction of analog-digital electronic circuits and the procedures they perform to obtain experimental information, focused on the project called "Moisture Detector" that allows, as its name indicates, to detect humidity by checking electrical continuity and short circuit, thus when greater humidity there is less resistance to current flow.

Keywords: analog electronics, apprentice, conductivity, digital electronics, humidity.

1. Ingeniera electrónica, Universidad de Ibagué, Colombia. Facilitadora área de electrónica, Tecnoacademia ASTIN, Sena Regional Valle. Correo electrónico: leidydiazm@outlook.com
2. Ingeniero electrónico, Universidad de Ibagué, Colombia. Correo electrónico: alexander.lo.te@outlook.com

INTRODUCCIÓN

En el área de electrónica de la Tecnoacademia, Cali, se brindan las herramientas para el reconocimiento de elementos, herramientas y equipos que dan vida a la electrónica, sumergiendo al aprendiz en un mundo tecnológico y virtual a través de la creación de proyectos donde conoce los conceptos importantes como “qué es la electrónica, los componentes que la conforman y métodos de elaboración de circuitos electrónicos funcionales” que dan solución a un determinado problema [1].

Implementando los conocimientos adquiridos en el área de electrónica, los aprendices tienen la capacidad de dar solución a problemas cotidianos como la necesidad de evitar el desperdicio de agua en tanques, albercas, lavamanos o piscinas, cuando están en el proceso de llenando y no tienen un control para medir o determinar la cantidad del agua necesaria para no rebosarse. Una de las posibles soluciones que se pueden dar es monitorear el objeto de almacenamiento, teniendo en cuenta que cuando el agua alcance un nivel máximo dentro de este un dispositivo electrónico emita una señal que informe a la persona el estado para cerrar la llave y evitar la pérdida del elemento.

El interés por parte de los aprendices al implementar una metodología apropiada en el diseño de circuitos electrónicos hace necesario responder a la siguiente pregunta: ¿es posible implementar un conjunto de métodos científicos que conduzcan a un diseño electrónico, aplicado en la elaboración de un circuito audible detector de agua? Dando respuesta, se inicia con la adquisición de conocimiento sobre la electrónica análoga-digital [2], componentes que conforman la electrónica y el reconocimiento teórico-matemático de la ley de Ohm en un circuito como el que se observa en la Figura 1, el cual configura la base principal para el desarrollo y obtención de datos experimentales en los circuitos electrónicos.

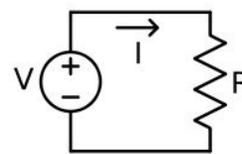


Figura 1. Circuito para la ley de Ohm.

Fuente: [2].

Para desarrollar los cálculos o mediciones de acuerdo con los datos que se obtengan, se debe implementar la ley de Ohm [3], por ello se reconocieron las tres ecuaciones, así:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1) \quad V = I * R \quad (2) \quad R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

Donde I es intensidad (corriente) en amperios y su unidad de medida (A); V es diferencia de potencial en voltios y su unidad de medida (V); R es resistencia en ohmios y su unidad de medida (Ω).

Finalmente, los aprendices se dan cuenta de que con los conocimientos básicos adquiridos en formación sobre electrónica se puede implementar diversas metodologías de aprendizaje en la creación y diseño de soluciones a problemáticas de la sociedad, pero también los impulsa a seguir aprendiendo a través de la investigación para mejorar dichos diseños y volverlos más eficientes y autónomos.

MÉTODOS

Metodología en el diseño electrónico

La elaboración de un diseño electrónico tiene como finalidad obtener un circuito funcionalmente correcto, sencillo y eficiente, de tamaño pequeño, acorde con su aplicación; por lo anterior, y para dar solución al problema planteado anteriormente, se eligió la creación de un circuito audible detector de caída de agua, haciendo uso de una metodología de diseño que debe garantizar conexiones correctas, minimización de errores y, en caso de presentarse, realizar la detección en la etapa más temprana posible. Para ello es importante, en la

etapa de diseño, la verificación correcta de la simulación electrónica antes del montaje físico de la tarjeta, esto con el fin de diferenciar las etapas electrónicas, los flujos de corriente y voltaje dentro del circuito, evitando de esta forma que en el montaje físico se dañen los componentes electrónicos [4].

Con la implementación del simulador electrónico, los aprendices tienen una experiencia didáctica de autoaprendizaje accesible al poder contar con todos los elementos electrónicos necesarios para la creación virtual de circuitos; por esto, se implementó el *software* de simulación electrónica Proteus 8.1, el cual cuenta con una interfaz gráfica sencilla, amplias librerías de componentes, microcontroladores, incluso es posible simular otras plataformas como arduino que es un simulador y *hardware* (Customer 00-00000-001, licencia SENA).

La explicación del seguimiento de la metodología implementada se realiza mediante un diagrama de flujo para el diseño del circuito electrónico, como se muestra en la Figura 2. En el primer paso se generan las especificaciones de diseño, las cuales describen la funcionalidad esperada; esta etapa da libertad al diseñador en aspectos como la topología del circuito, la colocación de distintos componentes, etc.

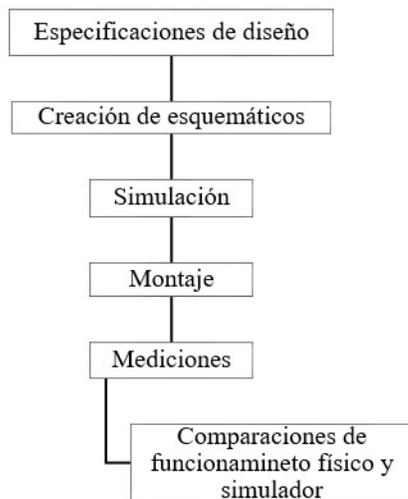


Figura 2. Metodología de diseño electrónico.

Fuente: [5].

En la etapa de creación de esquemáticos se tienen en cuenta todas las especificaciones para obtener un diagrama circuital completo y funcional, con todos los valores y nombre de los componentes de acuerdo con la necesidad. Posterior a ello se realiza la etapa de simulación, donde se observará si la etapa anterior quedó correctamente diseñada; en esta parte los circuitos sonarán, alumbrarán y se moverán de acuerdo con lo requerido en la aplicación, para el detector de agua específicamente la simulación dará un sonido.

Especificaciones de diseño

Determinar la aplicación del proyecto

Se determinó que este proyecto tiene una aplicación para monitorear tanques de almacenamiento de agua tales como lavaderos, inodoros y piscina durante el llenado para evitar su rebosamiento.

Explicación de funcionamiento

El proyecto cuenta con diferentes componentes electrónicos que realizan la medición de niveles de agua, es decir, cuando un tanque se está llenando y el agua alcanza las zonas de medición del circuito, este dispositivo emite un sonido audible.

Componentes que conforman el circuito

Para llevar a cabo el diseño electrónico del proyecto se reconocieron e implementaron los siguientes componentes, equipos, reactivos y herramientas:

- Transistor (2N3904).
- Circuito integrado (NE555).
- Condensador cerámico (0.49 V).
- Resistencias (1K Ω , 120K Ω , 220 Ω , 10 Ω).
- Parlante de 8 Ω .
- Base de ocho pines para integrado NE555.
- Protoboard.
- Alicata de cinco pulgadas.

- Alicata de corte diagonal.
- Pelacable UTP.
- Cable UTP categoría 5.
- Fuente de poder DC, GW Instek GPC 3060D (para la alimentación de 9 v).
- Multímetro digital *hold peak* hp-760C.
- Baquela.
- Esponjilla de brillo.
- Computador con *software* electrónico ISIS Proteus.
- Impreso de circuito en laser.
- Percloruro férrico.
- Motortool dremel 4000.
- Broca de 1.0 mm.
- Cautín con base.
- Estaño.
- Crema para soldar.
- Desoldador o extractor de estaño.

Descripción funcionamiento circuito y pruebas

El detector de agua está hecho de un circuito integrado NE555 que interviene dentro del funcionamiento como un reloj o señal de pulso, es decir, cuando haya continuidad eléctrica entre las sondas de medición generada por el agua, el integrado NE555 genera una señal de audio que es amplificada por el transistor y finalmente producida por el parlante.

Para que el circuito funcione se conectó una batería de 9 V, además se instalaron las sondas de medición en el tanque de agua a una profundidad desde el borde del tanque de 10 cm; sin embargo, antes de llevar a cabo el funcionamiento final se realizó una prueba preliminar que indicó que el circuito estaba en funcionamiento. Se examinaron las sondas de medición de agua en un recipiente, conectando las zonas dentro de este; de acuerdo con las conexiones establecidas, al detectar agua se generó sonido y esto indicó que el circuito diseñado funcionó correctamente.

RESULTADOS

Se realizó el proyecto de electrónica análogo-digital, donde se elaboraron mediciones del valor de resistencia, voltaje y corriente en cada componente que conformaba el proyecto (resistencia, condensador y transistor). Se realizó el cálculo de la potencia del circuito para aplicar los conocimientos de fórmulas en circuitos electrónicos y, además, calcularon el voltaje y corriente en cada elemento para compararlos con los medidos y analizar el margen de error que tiene la teoría con la práctica.

Elaboración de circuito análogo-digital en simulador Proteus

Se realiza el diseño en el simulador para lograr visualizar el funcionamiento del proyecto como se observa en la Figura 3, basado en lo que se quiere lograr integrando el agua como conductor y reemplazándolo en el simulador por un cable de unión.

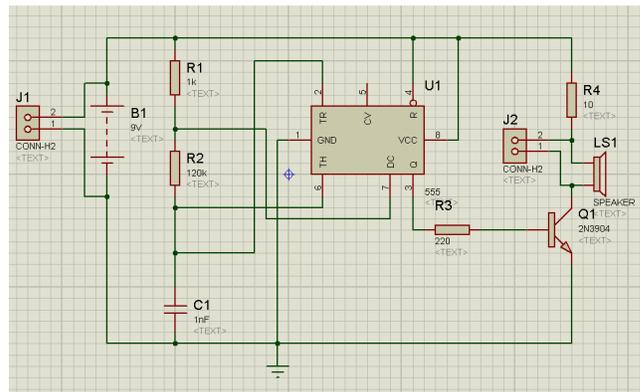


Figura 3. Diagrama circuital detector de humedad con integrado NE555.

Fuente: elaboración propia.

Mediciones en circuito físico

Los resultados prácticos y teóricos se obtienen, como se muestra en la Tabla 1, mediante el uso de un equipo como el multímetro y fuente de poder DC.

Tabla 1. Mediciones en las resistencias en el circuito con NE555.

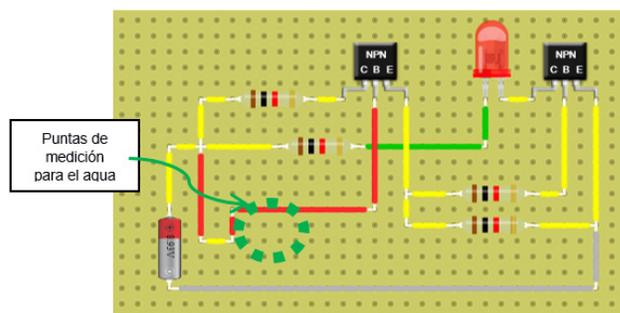
Elemento	Referencia (Ω)	Voltaje (V)
R1	1K	8.56
R2	120K	0.10
R3	10	0.27
R4	220	0.10
Circuito integrado	--	8.39
Condensador cerámico	--	0.49
Parlante	--	0.02
Transistor	--	8.68

Fuente: elaboración propia.

Montaje del circuito totalmente análogo

Este circuito es un sensor de humedad o agua análogo; así, cuando los sensores del circuito detectan humedad o agua la utilizan como conductor de energía para el led de luz. Con el fin de visualizar de otra forma el funcionamiento del circuito se implementa una herramienta online de diseño electrónico llamada DCACLab, donde la función que ejerce cada componente del circuito que se observa en la Figura 4; en este sentido, cuando los cables se sumergen en agua la utilizan como conductor de energía, le llega una carga positiva al led pasando por la resistencia R1 y esperan la carga negativa que llega cuando el emisor del transistor T2 envía la señal por la resistencia R2, R3 y T1 y la carga de polarización contraria a la base del transistor T1, dando paso a la carga negativa al lado negativo del led y haciendo que el led encienda, utiliza el agua como conductor de energía que une la base del transistor T2 con el positivo de la fuente y hace encender el led.

En la Tabla 2 se muestran los valores obtenidos con las puntas de medición sin agua, es decir, el camino abierto o sin ningún elemento que transportará la energía; al mismo tiempo, se encuentran los valores obtenidos con agua, es decir, se cerró el camino con un conductor.

**Figura 4.** Diagrama circuital detector de humedad con transistores, en simulador DCACLab.

Fuente: [6].

Tabla 2. Mediciones de voltaje con y sin agua en circuito con transistores.

Elemento	Voltaje (v) sin agua	Voltaje (v) con agua
R1	0.1	9.6
R2	0.1	6.47
R3	0.1	7.23
R4	0.5	0.05
D1	0.02	2.1
T1	10.49	10.48
T2	12.07	4.26

Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar las mediciones se realiza el cálculo de corriente, potencia y resistencia total del circuito con agua para conocer los valores totales de cada unidad de medida en el montaje físico del circuito electrónico, implementando la ley de Ohm a los criterios como se observa a continuación.

- Corriente en cada resistencia con agua.

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R1} = \frac{9.6v}{1000\Omega} = 0.0096 \approx 96mA$$

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R2} = \frac{6.47v}{1000\Omega} = 0.00647 \approx 64.7mA$$

$$I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R3} = \frac{7.23v}{1000\Omega} = 0.00723 \approx 72.3mA$$

$$I_{R4} = \frac{V_{R4}}{R4} = \frac{0.05v}{1000\Omega} = 0.00005 \approx 50\mu A$$

- Corriente total medida.

$$I_{total} = 0.03 A$$

- Potencia total.

$$P_{total} = V_{fuente} * I_{total}$$

$$P_{total} = 12v * 0.03A = 0.36w$$

- Resistencia total.

$$R_{total} = \frac{P_{total}}{I_{total}} = \frac{0.36w}{0.03A} = 12\Omega$$

Simulación en Proteus y Ares del circuito análogo

Se realiza la simulación del proyecto para comparar los datos con el montaje físico, por ello en la Figura 5 se observa cada elemento en el simulador Proteus con sus respectivos valores y referencia; por otro lado, en la Figura 6 se encuentra el diseño de la PCB, es decir, el diseño del circuito impreso que se utiliza para conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras cada uno de los componentes electrónicos.

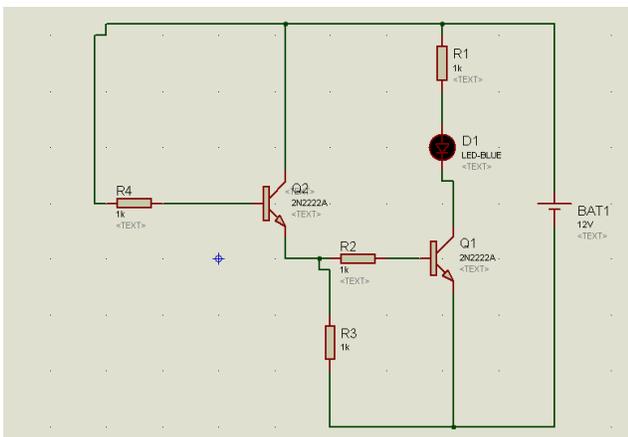


Figura 5. Diagrama circuital en Proteus.

Fuente: elaboración propia.

En el simulador de Proteus se implementó la herramienta de medición de voltaje DC (corriente

directa), para obtener cada uno de los voltajes de los componentes electrónicos.

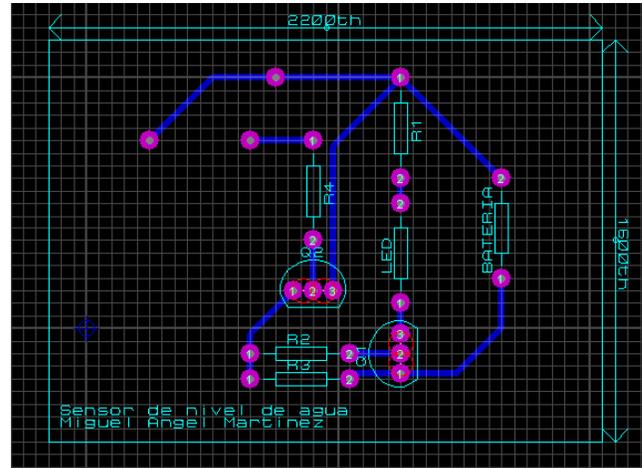


Figura 6. Diagrama circuital Ares.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 3 se obtuvieron valores con las puntas de medición sin agua, es decir, el camino abierto o sin ningún elemento que transportará la energía; al mismo tiempo, incluye datos donde en la simulación se cerró el camino con un cable de conexión asimilando que es el agua, ya que es un conductor, y de dicha forma se obtienen los valores de voltaje.

Tabla 5. Medición de voltaje del circuito con y sin agua en Proteus.

Elemento	Voltaje (v) sin agua	Voltaje (v) con agua
R1	0.0	9.47
R2	0.0	9.60
R3	0.0	11.1
R4	0.0	0.13
D1	0.01	2.23
T1 (base-emisor)	0.0	0.03
T2 (base-emisor)	0.0	0.87

Fuente: elaboración propia.

Con la Tabla 5 entonces se pueden comparar datos de voltaje donde las resistencias, al no tener un flujo conductor, no obtendrán una corriente y no brindarán una corriente suficiente a los demás

componentes como el diodo led para que encienda; por otro lado, cuando se ponen las zonas de medición sumergidas en agua como conductor, el flujo de corriente es el necesario para encender un diodo led y dar el aviso de acuerdo con la necesidad requerida en el llenado de un tanque de almacenamiento de agua u otro objeto.

DISCUSIÓN

Se comparan e interpretan los resultados obtenidos de manera clara y precisa, los autores deben exponer sus propias opiniones sobre el tema, tendencias, ventajas, limitaciones entre otros.

CONCLUSIONES

El aprendizaje en Tecnoacademia, Cali, en el área de electrónica mediante la implementación de una metodología de diseño, se logró la integración de formación por proyectos y e-learning, incluyendo temas como la electrónica análoga y digital y el diseño electrónico. Se aprendió a realizar un análisis teórico-práctico del montaje y diseño electrónico para obtener diferencias representativas en el funcionamiento, teniendo en cuenta el uso correcto de fórmulas y técnicas de medición.

La metodología de diseño electrónico logra crear en los aprendices un análisis crítico y reflexivo, logrando adquirir más conocimientos para diferentes materias y temáticas de las ciencias básicas como matemáticas, física, dibujo técnico y lenguaje. El uso de metodología de aprendizaje logra un acercamiento a la educación presencial y virtual

creando ciencia, tecnología e investigación en un área de enfoque.

Se logra entender que a partir del uso de la electrónica se pueden crear diferentes tipos de proyectos que no tienen un final en tanto se pueden seguir mejorando y aplicando conceptos nuevos a medida que se van adquiriendo más conocimiento, hasta el punto de construir sistemas autónomos y eficientes con uso de energías renovables.

REFERENCIAS

- [1] SENA, “Guía para el registro y uso del formulario digital y SGPS para presentación de proyectos SENNOVA 2017 al programa de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación”. [En línea]. Disponible en: <http://sennova.senaedu.edu.co/documentosV2/Instructivo%20Sennova%202016-2017%20v6.pdf>
- [2] A. P. Malvino, *Principio de electrónica*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2000.
- [3] W. H. Hayt, J. E. Kemmerly, S. M. Durbin, *Análisis de circuitos en ingeniería*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España, 2007.
- [4] E. Harper, *Dispositivos y circuitos en corriente continua, Fundamentos de electricidad*, Editorial Limusa, México, 1994.
- [5] C. J. Fernández, A. López y C. León, “Metodología de diseño electrónico de prácticas obligatorias de laboratorio”, *Revista Pixel-bit*, vol. 37, pp. 19-27.
- [6] DCACLab. Simulador didáctico DCACLab. [En línea]. Disponible en: https://dcaclab.com/es/lab?from_main_page=true





Evaluación de la eficiencia de biodepuración para aguas de pozos profundos en la sabana de Bogotá

Evaluation of biodepuration efficiency for deep well waters in the sabana de Bogotá

Germán Melo Quintana¹ Ligia Consuelo Sánchez Leal² Edgar Agudelo López³

Para citar: Melo, G., Sánchez, L., y Agudelo, E. (2018). Evaluación de la eficiencia de biodepuración para aguas de pozos profundos en la sabana de Bogotá. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 15-25, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.13906>

Recibido: 5-octubre-2018 / **Aprobado:** 30-noviembre-2018

Resumen

En este artículo se evaluó el proceso de biodepuración de agua a ser utilizada en riegos de hortalizas en Chía, Cundinamarca; el proyecto tuvo como objetivo evaluar el tiempo y acción fitodepuradora con la presencia de tres especies de macrófitas —*Eichornnia crassipes*, *Scirpus californicus* y *Lemna minor*— que por tener características de fácil adaptación fueron seleccionadas. Para realizar la verificación de la acción del biosistema se generó un proceso de evaluación por medios físicos, químicos y microbiológicos, además de utilizar grupos control de *Spinacia oleracea*, cultivada en la zona de estudio. Se logró concluir que el biosistema posee un alto rendimiento de biodepuración, alcanzando un porcentaje de remoción óptimo para uso agrícola; adicionalmente, el sistema es funcional frente a su construcción, utilización y mantenimiento, dando respuesta a la crítica situación de las aguas empleadas para riego en esta zona colombiana.

Palabras clave: agua residual, calidad, contaminación, plantas acuáticas, riego, zona húmeda.

Abstract

In this article, the process of biodepuration of water to be used in irrigations of vegetables in Chia Cundinamarca was evaluated. The objective of the project was to evaluate the time and action of phytodepuration with the presence of three species of macrophytes *Eichornnia crassipes*, *Scirpus californicus* and *Lemna minor* that were selected for their easy adaptation characteristics. To carry out the verification of the action of the biosystem, an evaluation process was generated by physical, chemical and microbiological means, in addition to using control groups of *Spinacia oleracea* cultivated in the study area. It was concluded that the biosystem has a high performance of biodepuration reaching a percentage of removal suitable for agricultural use. Additionally, the system is comfortable against its construction, use and maintenance, responding to the critical situation of the water used for irrigation in this Colombian area.

Keywords: aquatic plants, irrigation, pollution, quality, wastewater, wet zone.

1. Doctorando en Ingeniería del agua y medioambiental. Universidad Politécnica de Valencia, España. Docente Universidad Santo Tomás. Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia VUAD. Correo electrónico: germanmelo@ustadistancia.edu.co
2. Magíster en Biología aplicada. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Docente del Programa de Bacteriología. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá D.C. Correo electrónico: lsanchezl@unicolmayor.edu.co
3. Magíster en Economía y Empresa. Universidad Oberta de Catalunya, España. Coordinador del Programa Administración de empresas agropecuarias. Universidad Santo Tomás. Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia VUAD. Correo electrónico: edgaragudelo@ustadistancia.edu.co

INTRODUCCIÓN

Se estima que la superficie hídrica del planeta se ha reducido de un 75% a 71% debido a efectos de la contaminación [1]. Los sistemas acuáticos son hoy declarados como una de las fuentes a conservar no solo por su existencia de manera adecuada, sino por el valor de ser el reservorio de millones de especies que desempeñan un nicho valioso en el planeta [2]; de acuerdo con [3], entre las causas más habituales de contaminación del recurso hídrico se encuentra la agricultura, seguida de la alta tasa de asentamientos urbanos en zonas reducidas geográficamente y vertimientos en cuerpos de agua. Sin embargo, el fenómeno de degradación puede aumentar debido a legislaciones blandas o de poca acción, además de la falta de educación y procesos de conservación enmarcados en los objetivos del desarrollo sostenible [4].

Díaz [5] menciona adicionalmente que el ser humano, de no tomar conciencia a través de estrategias de conservación frente al recurso hídrico, establecerá una línea muy cercana a una degradación ambiental que difícilmente tendrá una posible solución. Acogido este principio, se debe aclarar que una de las estrategias frente a la contaminación hídrica es la rehabilitación del fluido a través de técnicas como los biosistemas, humedales artificiales o sistemas emuladores tipo humedal *wetlands*, que desde la década de los 50 en Alemania hacen parte de una estrategia viable en diferentes ubicaciones del planeta [6]. Este tipo de sistema es sencillo a nivel de su construcción y operación, empleando un lecho con gravilla u otro sustrato rocoso en el cual se suspenden las plantas (macrófitas acuáticas) que posteriormente son las encargadas de la filtración por medio de la rizosfera y zonas de contacto con el afluyente [7]. Como se describió anteriormente, el nivel de remoción de agentes contaminantes es muy efectivo, especialmente a nivel de sustancias nitrogenadas, estando alrededor del 78% respecto a un cuerpo de agua en un espacio de tiempo relativamente corto [8].

En consecuencia, se planteó generar una investigación basada en la evaluación de aguas de riego de pozos profundos contaminadas por microorganismos patógenos por medio de procesos biológicos, lo anterior bajo un sistema tecnológico de alta eficiencia, bajo costo y alta empleabilidad por comunidades rurales. Para Morales [9], la sostenibilidad hídrica posee relación con los indicadores económicos de países, responsables del cuidado y conservación de sus recursos naturales, entre los cuales se encuentran las plantas acuáticas (macrófitas) que entran a beneficiar procesos naturales o antrópicos como el de este estudio.

Finalmente, la investigación buscó presentar un modelo de tratamiento de aguas contaminadas basado en un proceso fisicoquímico y biológico con capacidad de remoción menor a ocho días, presentando una alternativa económica, de fácil construcción y replicabilidad.

MÉTODOS

La zona de estudio está ubicada en el municipio de Chía, Colombia, vereda La Balsa, en las coordenadas geográficas latitud 4.86667, longitud -74.0667 como se observa en la Figura 1.

Las fases metodológicas están divididas en dos de acuerdo con lo propuesto por Kivaisi [10], Kadlec [11] y Wang [12]. El principal elemento para seleccionar la zona fue que el agua provenga de pozos profundos, a una distancia no superior de 100 m del cauce del río Bogotá; con este planteamiento se realizaron 40 visitas a diferentes fincas teniendo como parámetro de muestreo el sitio de captación de agua y disponibilidad de realizar el trabajo de investigación.

En la segunda fase —que aborda la construcción del sistema humedal artificial— los pilares metodológicos están basados en la construcción de un sistema físico y biológico, se diseñó teniendo como soporte un tanque con una capacidad de 5000 L. Se emplearon tres conjuntos de mallas 7H, 14 mm y de 4 ¼ de acero inoxidable.

El principal medio de filtración fue gravilla de diferente granulometría [13], antracita de acuerdo con el boletín técnico AG.009 [14], en su evaluación de la eficiencia de desinfección mediante MIOX (agentes oxidantes mixtos) como se muestra en la Figura 2.

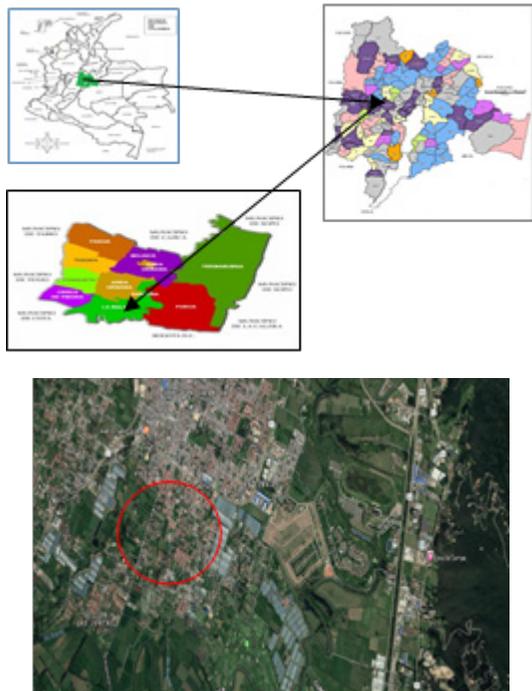


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2017).

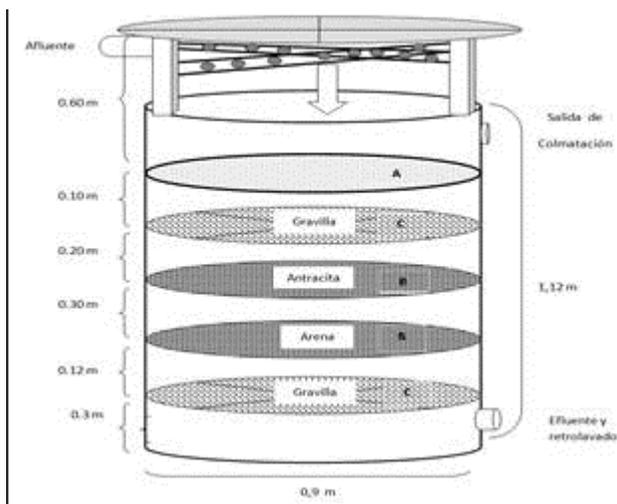


Figura 2. Ubicación de material filtrador en el sistema físico

Fuente: [14].

El sistema biológico posee recirculación a través de dos depósitos que tienen una dimensión de 50m² con un grado de pendiente de 20°. La oxigenación del sistema se logró a través de dos motobombas de 6.5 Hp [15]; la obtención, transporte y desinfección del material vegetal [16], [17].

El análisis de variables físicas del agua se realizó teniendo en cuenta el protocolo [17]. Las variables químicas fueron realizadas con el equipo marca Oakton, serie 417584, por metodología estándar; la evaluación microbiológica se realizó de acuerdo con los protocolos de bacterias [18] a nivel de hongos filamentosos, levaduras [19] y de protistos [20]. El análisis biológico de las macrófitas [21] a nivel del grupo control de *Spinacia oleracea* se realizó por medio de transectos [22].

RESULTADOS

Luego del proceso de biodepuración se registraron valores de retención hidráulica entre 25 y 30 m³/h, siendo congruente a nivel funcional con los resultados presentados por [23], [24] y aptos para las condiciones semejantes entre los estudios.

La Figura 3 muestra los resultados de una reducción del 0.95%, luego de pasar por el sistema obteniendo un valor final de 7.87. La Figura 4 muestra la temperatura con un porcentaje de reducción del 1.3% luego de pasar por el sistema obteniendo un valor final de 16.6 °C.

La temperatura que se generó en el sistema con el tiempo de retención no superior a los ocho días es cercana a la temperatura promedio ambiental de acuerdo con la estación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la cual informó para este estudio que la temperatura media anual es de 15.7 °C. Bajo el cuadro comparativo metabólico de los microorganismos, estos presentan un comportamiento con un rango ideal de 17°C a 35°C [25], generando un medio adecuado para su crecimiento.

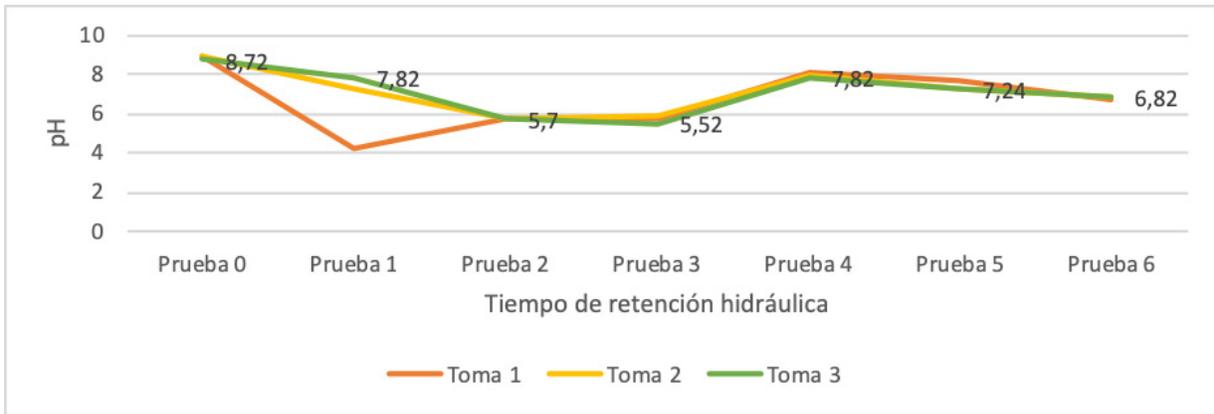


Figura 3. Seguimiento del pH durante el estudio.
Fuente: elaboración propia.

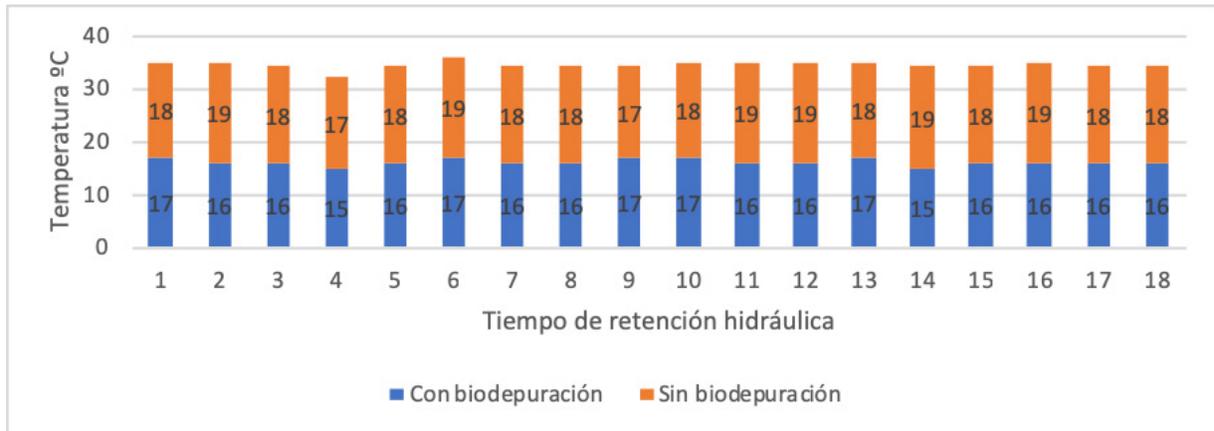


Figura 4. Comparativa de temperatura entre tratamientos.
Fuente: elaboración propia.

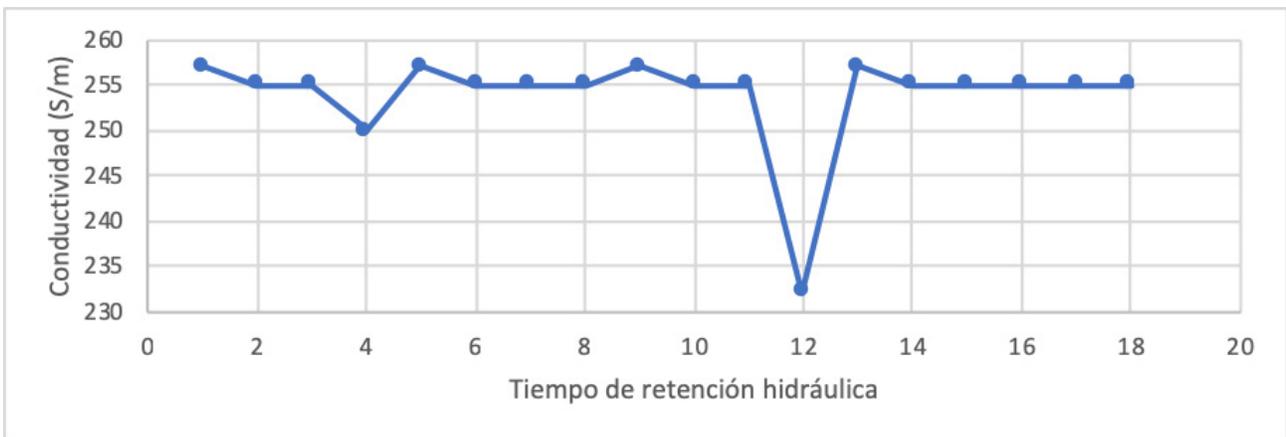


Figura 5. Comparativa de conductividad al inicio y final del proceso de biodepuración.
Fuente: elaboración propia.

La Figura 5 presenta la conductividad eléctrica, la cual varió de 495 S/m a 286 S/m al ser observada al inicio y finalización del proceso de biodepuración; adicionalmente, está relacionada directamente con la viscosidad del agua dada por la adición de elementos y con la temperatura que aumentó durante el proceso de biodepuración, como se mencionó en el apartado anterior. Se observó una caída en el día doce debido a alteraciones antrópicas en el sistema, demostrando la sensibilidad frente a los resultados de biodepuración [26].

Se observa que los dos provocan una reducción siendo óptimo el proceso físico, químico y

biológico; adicionalmente, se observa la tendencia de baja de los máximos cada vez menores durante la depuración.

La Figura 7 presenta los resultados de TDS luego del paso por los dos sistemas, como se mencionó anteriormente hay una estrecha relación entre TDS y la conductividad ocasionada por la interacción de las partículas del bloque de agua como Na⁺ y Cl⁻ [27]. En cuanto a lo microbiológico, el método de filtración por membrana determinó que al inicio del proceso de biodepuración el recuento de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) era de 2400 NMP por 100 ml, luego del paso por el sistema físico fue de 100UFC.

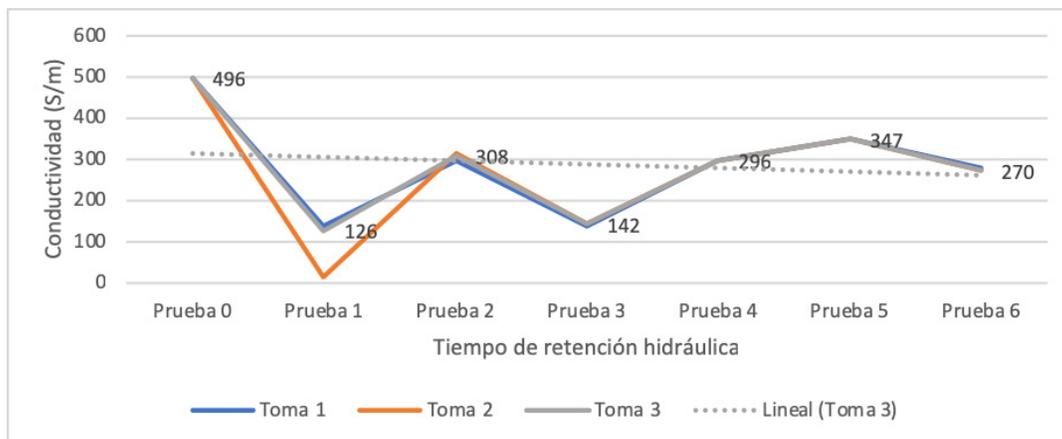


Figura 6. Comparativa de conductividad entre el sistema físico y biológico.

Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Comportamiento TDS posterior a la biodepuración.

Fuente: elaboración propia.

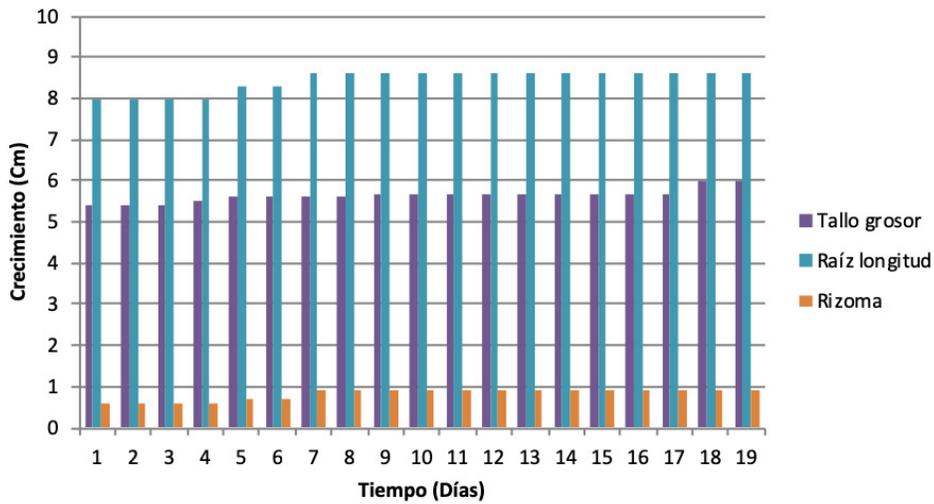


Figura 8. Comportamiento de las macrófitas durante el estudio.

Fuente: elaboración propia.

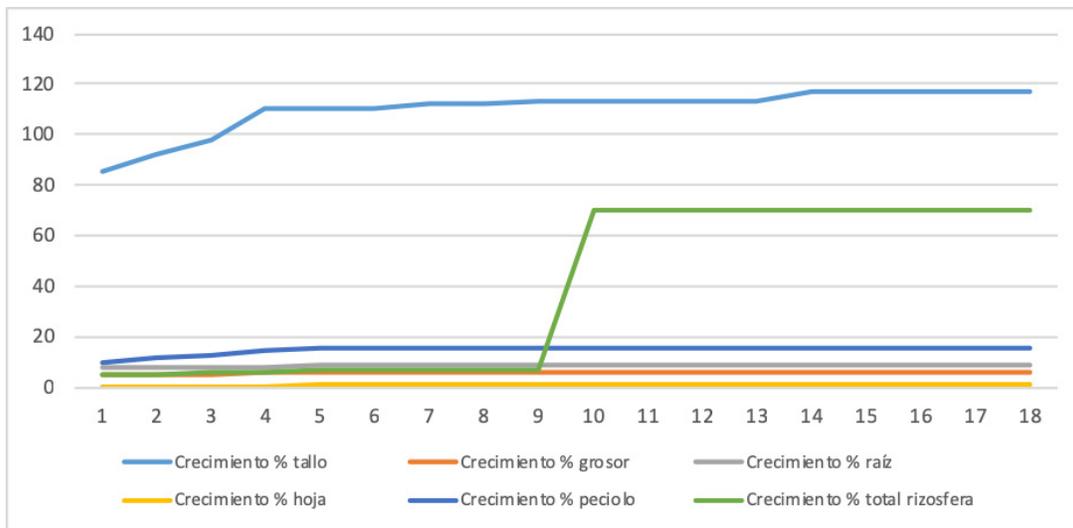


Figura 9. Comportamiento general de las tres macrófitas durante el estudio.

Fuente: elaboración propia.

Frente a *Eichornnia crassipes*, los aspectos fundamentales en cuando a crecimiento fueron el área foliar y peciolo; con respecto a peso, se evidenció un aumento del doble, pasando de 150 a 300 g, por lo que existe una alta capacidad de crecimiento en el sistema de biodepuración artificial como se observa en la Figura 8. En la Figura 9 resalta el crecimiento de la rizosfera en 8.7 cm para la etapa inicial del estudio a 25.9 cm, representando un 35% de la biomasa total, seguido del tallo con un

área de roseta de 0.6 cm a 11 cm y foliar de 4.75 a 9.45 cm

Frente al crecimiento de *Scirpus californicus* se destaca el porcentaje de peciolo y rizosfera, esto es provocado por su amplio conjunto de tejido meristemático y alta tasa de aprovechamiento de elementos como sodio y hierro [11]; además, presentó hojas y tallos engrosados debido a su estrategia de promover un aerénquima que transporta el oxígeno

a la zona de la rizosfera, activando el potencial re-
dox que promovió la oxidación en el sistema.

DISCUSIÓN

El análisis de pH obtenido en el sistema luego de la biodepuración es apto para generar procesos de adaptación y crecimiento de las macrófitas [28], las cuales presentan rangos entre 5.0 y 9.0 siendo óptimos. A medida que las plantas aumentaron su tasa de crecimiento se vio favorecido el proceso simbiótico planta-microorganismo, lo que benefició la fotosíntesis dentro de la columna de agua y activó la remoción de dióxido de carbón [29]. Al aumentar la biomasa vegetal en el sistema los valores de la tasa respiratoria e intercambio anaerobio-aerobio derivaron en un menor rango de pH, al descender generó que el sistema tuviera un comportamiento neutro y benefició a *Spinacia oleracea* en su proceso productivo. Es prudente mencionar que el pH se redujo favoreciendo el crecimiento Protista y Fungi, además de la evidencia obtenida de los resultados microbiológicos [7].

En consecuencia, la variación se relaciona con el cambio de temperatura que, a su vez, acelera la actividad microbiana y la conductividad, aspectos importantes que benefician a los microorganismos fotosintetizadores [7]. Al comparar la conductividad hidráulica eléctrica con la conductividad eléctrica se determina que el rango de eliminación de sólidos disueltos es del orden de 90%, el cual incide directamente en la conductividad.

Los autores mencionan que un tratamiento bajo la técnica de sistemas artificiales, como el de este estudio, tiende a que en el proceso de filtración que tiene una alta densidad ocasione la reducción entre partículas, reduciendo el volumen de aire [30]; bajo la consecuencia anterior, se analiza que los sistemas físicos y biológicos interactuaron y afectaron positivamente la conductividad [31]. El principio anterior establece que los microorganismos resultado de su metabolismo ejercieron presión sobre el sustrato, variando la impedancia provocada

por la captura de sodio y cloro que ejercen reducción de salinidad afectando la conductividad [32]; se resalta la efectividad del sistema físico debido a la capacidad de adherencia de las partículas contaminantes al carbon activado (antracita) que se evidencian en el momento de los retrolavados.

En este escenario, los resultados muestran que los TDS descendieron durante la biodepuración de 248 a 162 ppm, provocado por la oxigenación y reciclado del agua en los dos subsistemas; adicionalmente, el proceso de sedimentación, filtración y adhesión generó la reducción de sales, lo que hace que el oxígeno aumente y la conductividad descienda. Posterior a la reducción, se observó el aumento de la cantidad de oxígeno disuelto provocado por el mayor proceso fotosintético de microorganismos y plantas en el sistema [33] (Figura 10).

El análisis microbiológico determinó la reducción de coliformes durante las primeras dos semanas de 2400 y 1600 NMP, en las siguientes dos semanas se observó una reducción de 95% de coliformes totales y 92% de fecales, lo cual generó un valor apto de acuerdo con el límite estandarizado de 240 NMP/100 ml para aguas de riego, identificando el destacado papel de las macrófitas en procesos de biodepuración por lo cual se evidencia su importancia en procesos de conservación de cuerpos hídricos [34]. Es importante destacar su elevado nivel de procesamiento de micro y macronutrientes y agentes patógenos en sistemas acuáticos contaminados [35].

El comportamiento frente a metales pesados fue contemplado en este estudio desde un inicio, sin embargo, las aguas extraídas del pozo bajo los resultados arrojados muestran ausencia de metales pesados. Finalmente, se identificó en el cultivo de *Spinacia oleracea* a través del análisis estadístico comparativo, la diferencia en una mayor tasa de masa fresca total con un promedio del 51.6% y altura 25.6% frente a 40.3 y 21.2 cm de plantas regadas con aguas provenientes del biosistema y plantas regadas con agua sin tratar, como se observa en la Figura 11.



Figura 10. (a) Proceso inicial de biodepuración; (b) proceso final de biodepuración; (c) comparativa al inicio y final del proceso
Fuente: elaboración propia.



Figura 11. Disposición grupo control. (a) Cultivo regado con agua sin tratamiento; (b) cultivo regado con agua tratada.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se comprobó un biosistema de tratamiento de aguas provenientes de pozos profundos, identificando que es una propuesta de fácil construcción, la cual redundará en su mantenimiento sencillo. Se logró precisar que la utilización de un sistema físico y otro biológico logra depurar el suficiente fluido para un cultivo de tres hectáreas, esto significa un tiempo de retención hidráulica de tres a cinco días; adicionalmente, la simbiosis de macrófitas y microorganismos generó un máximo aprovechamiento y depuración del elemento de nitrógeno y coliformes. Se logra considerar que es necesario seguir trabajando de manera ambientalmente sostenible debido al alto grado de contaminación

que se identificó en el cuerpo de agua subterráneo ubicado en la sabana de Bogotá; finalmente, cabe mencionar que el crecimiento de *Spinacia oleracea* se vio favorecido por la experiencia, siendo hoy utilizado por la finca donde se elaboró el estudio.

RECOMENDACIONES Y AGRADECIMIENTOS

Se sugiere realizar trabajos con aguas de pozos subterráneos contemplando la presencia y ausencia de metales pesados, adicionalmente se debe identificar qué tan preciso es la depuración en sistemas con una tasa de recambio y necesidad más alta, además de su eficacia en otro tipo de cultivos

para consumo humano. Es preciso agradecer al señor Nelsón Velasquez, propietario del cultivo; a José Francisco Sánchez por la colaboración en el diseño y construcción del biosistema, y a los estudiantes de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, especialmente del grupo de investigación CEPARIUM.

REFERENCIAS

- [1] M. Molina, J. Sarukhán y J. Carabias, *El cambio climático: Causas, efectos y soluciones*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2017.
- [2] G. Roldán y J. J. Ramírez, *Fundamentos de Limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia, 2008.
- [3] L. A. Ortega, L. P. Paz, D. Giraldo y M. Cadena, "Implementación de Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA) en el TESAC-Cauca Colombia". [En línea]. Disponible en <https://ccaafs.cgiar.org/es/publications/Implementaci%C3%B3n-de-servicios-integrados-participativos-de-clima-para-la-agricultura#.XB0cO2hKjIU>
- [4] J. A. Hernández, A. T. Ortega y M. A. Márquez, "Reflujo gastroesofárico en pediatría ¿cuándo amerita tratamiento?: controversia de las últimas décadas", *Medica Sur*, vol. 15, no. 4, 288-294, 2008.
- [5] M. Y. Díaz, *Recuperación de sistemas forestales con especies nativas para la conservación de fuentes hídricas en el municipio de la Macarena-Meta "zona recuperación para la producción sur*, Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá D.C., 2016.
- [6] A. Evseev, T. Krasovskaya, V. Tikunov and I. Tikunova, "Assessing the ecological services of the territories of traditional nature management in Nenets Autonomous Okrug," *Geography*, no. 3, pp. 134-139.
- [7] R. M. Atlas y R. Bartha, *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Madrid: Pearson España, 2002.
- [8] J.V. Davalos Parraga, *Diseño de un sistema de tratamiento para lixiviados del cantón La Concordia de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas*, Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Guayaquil, 2018.
- [9] J. Morales, *Sociedades rurales y naturaleza: en busca de alternativas hacia la sustentabilidad*. Jalisco: ITESO, 2004.
- [10] A. K. Kivaisi, "The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review", *Ecological Engineering*, vol. 16, no. 4, pp. 545-560, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00113-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00113-0)
- [11] J. Vymazal, H. Brix, R. H. Kadlec., P. Cooper, R. Knight and R. Haberl, *Constructed wetlands for pollution control*. IWA Publishing, 2017.
- [12] J. Wang et al., "Capacity of various single-stage constructed wetlands to treat domestic sewage under optimal temperature in Guangzhou City, South China", *Ecological Engineering*, vol. 115, pp. 35-44, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.02.008>
- [13] J. Loba, S. Ramírez y J. E. Díaz, "Evaluación del coeficiente de uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtración gruesa de flujo ascendente en capas", *Revista EIA*, vol. 8, no. 16, pp. 29-41, 2013.
- [14] J. S. Amézquita Rico and L.C. Beltrán Durango, *Evaluación de la eficiencia de desinfección mediante MIOX (agentes oxidantes mixtos) en la finca "El Rosalito" vereda de Chiguaza, Usme*, Tesis de grado, Universidad de La Salle, Bogotá D.C., 2016.
- [15] J. Sanz, C. Oliveros, C. Ramírez, U. López and J. Velásquez, Control de los flujos de café y agua en el módulo BECOLSUB.
- [16] E. N. Ogamba, S. C. Izah and B. P. Toikumo, "Water quality and levels of lead and mercury in Eichhornia crassipes from a tidal creek receiving abattoir effluent, in the Niger Delta, Nigeria", *Continental Journal of Environmental Science*, vol. 9, no. 1, pp. 13-25, 2015.

- [17] N. E. Coughlan, R. N. Cuthbert, T. C. Kelly and M. A. Jansen, "Parched plants: survival and viability of invasive aquatic macrophytes following exposure to various desiccation regimes", *Aquatic Botany*, vol. 150, pp. 9-15, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2018.06.001>
- [18] R. L. Droste and R. L. Gehr, *Theory and practice of water and wastewater treatment*. Wiley, 2018.
- [19] C. Fricker, "Análisis y control microbiológico de lodos de EDAR: la experiencia de Idexx en el Reino Unido", *Tecnoaqua*, no. 23, pp. 88-90, 2017.
- [20] A. Pérez, M. de los Ángeles, D. Garrido y A. T. Acebal, "Evaluación de metales pesados e impacto ambiental en los pozos 'Rive Fuente' y 'Bárbara' del poblado El Cobre", *Revista Cubana de Química*, vol. 30, no. 1, pp. 68-76, 2018.
- [21] D. A. Ross, H. M. Guzmán, C. Potvin and V. J. Van Hinsberg, "A review of toxic metal contamination in marine turtle tissues and its implications for human health", *Regional Studies in Marine Science*, vol. 15, pp. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.06.003>
- [22] F. Zuñe et al., "Línea base de la flora y fauna del Santuario Nacional Pampa Hermosa, Sector San Damián", *Revista Ciencia, Tecnología y Humanidades*, vol. 7, no. 2, pp. 11-38, 2016.
- [23] J. D. Villegas, J. Guerrero, J. M. Castaño and D. Paredes, "Septic Tank (ST)-Up flow anaerobic filter (UFAF). Subsurface flow constructed wetland (SSF-CW) systems aimed at wastewater treatment in small localities in Colombia", *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, vol. 29, no. 3, pp. 269-281, 2006.
- [24] G. Melo, *Evaluación fitodepurante de un sistema biológico artificial en aguas de riego como alternativa para la sostenibilidad del recurso hídrico*, Tesis de grado, Universidad de La Sabana, Chía, 2013.
- [25] M. T. Madigan, J. M. Martinko and J. Parker, *Brook, Biología de los microorganismos*.
- [26] N. Garin et al., "Cambios en la viscosidad del agua con espesantes por la adición de fármacos altamente prescritos en geriatría", *Nutrición Hospitalaria*, vol. 27, no. 4, pp. 1298-1303, 2012.
- [27] M. N. Bonilla, A. I. Ayala, S. González, J. D. Santamaría y S. E. Silva, "Calidad fisicoquímica del agua del distrito de riego 030 'Valsequillo' para riego agrícola", *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, vol. 2, no. 4, 2015.
- [28] J. Celis, J. Junod y M. Sandoval, "Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas", *Theoria*, vol. 14, no. 1, 2005.
- [29] J. Camargo y A. Alonso, "Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático", *Ecosistemas*, vol. 16, no. 2, 2007.
- [30] T. Cakmakci, Ü. Sahin, F. M. Kiziloglu, S. Tüfenkci, Y. Kuslu and F.S. Erkus, "Wastewater Treatment in Constructed Wetlands and Suggestions for the Use of Constructed Wetlands in Cold-Climate Regions", *Yyü Tar Bil Derg*, vol. 27, no. 4, 2017.
- [31] M. A. Charry y N. A. Castellanos, *Evaluación de la calidad físico-química y biológica de la laguna de ubaque para el diseño y actualización de las medidas de manejo ambiental*, Tesis de grado, Universidad Libre de Colombia, Bogotá D.C., 2016.
- [32] C. Murphy, A. R. Rajabzadeh, K. P. Weber, J. Nivala, S. D. Wallace and D.J. Cooper, "Nitrification cessation and recovery in an aerated saturated vertical subsurface flow treatment wetland: Field studies and microscale biofilm modeling", *Bioresource Technology*, vol. 209, pp. 125-132, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.065>
- [33] M. L. Hernández y M. A. Sisco, Propuesta de mejora del proceso de potabilización para

aguas eutroficadas presentes en la planta de potabilización Dr. Alejo Zuloaga.

- [34] T. Sricoth, W. Meeinkuirt, J. Pichtel, P. Taeprayoon and P. Saengwilai, "Synergistic phytoremediation of wastewater by two aquatic plants (*Typha angustifolia* and *Eichhornia crassipes*) and potential as biomass fuel", *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, no. 6, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0813-5>
- [35] R. Núñez, Y. Meas, R. Ortega y E. J. Oliguín, "Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones", *Revista Ciencia*. [En línea]. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf





Producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) como alternativa para el tratamiento de residuos sólidos de origen vegetal en Bogotá D.C.

Production of orellanas (*Pleurotus ostreatus*) as an alternative for the treatment of solid residues of vegetable origin in the city of Bogotá D.C.

Paulo Germán García Murillo¹

Para citar: García, P. (2018). Producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) como alternativa para el tratamiento de residuos sólidos de origen vegetal en Bogotá D.C. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 26-31, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.13858>.

Recibido: 18-septiembre-2018 / **Aprobado:** 7-noviembre-2018

Resumen

Al día de hoy, en Bogotá D.C. se generan grandes cantidades de residuos sólidos de origen vegetal, ya sea por pérdidas en los centros de poscosecha o por despojos generados en establecimientos comerciales tales como restaurantes, centros comerciales, supermercados entre otros; muchos de estos contienen altos niveles de lignina, especialmente las maderas en forma de aserrines y virutas, también los bagazos y cáscaras procedentes de frutas y hortalizas, al igual que los residuos procedentes de la preparación de tazas de café. Estos materiales son óptimos en la preparación de sustratos para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, ya que este presenta gran capacidad lignocelulósica; por otra parte, el organismo presenta buenas propiedades nutricionales y medicinales para el consumo humano, siendo un medio muy eficaz para el aprovechamiento de subproductos de origen vegetal.

Palabras clave: residuos agroindustriales, setas, tecnología limpia.

Abstract

Currently in the city of Bogotá, large amounts of solid waste of plant origin are generated, either by losses in the postharvest centers or by waste generated in commercial establishments, such as restaurants, shopping centers, supermarkets, among others; Many of these contain high levels of lignin, especially wood in the form of sawdust and shavings; or the bagasse and husks from fruit and vegetables, and waste from the preparation of coffee cups. These materials are optimal in the preparation of substrates, for the production of the fungus *Pleurotus ostreatus*; since this, presents great lignocellulosic capacity; On the other hand, this organism presents good nutritional and medicinal properties for human consumption, being a very effective means for the utilization of sub products of vegetable origin.

Keywords: agroindustrial wastes, mushrooms, clean technology.

1. Magíster en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Docente de Tiempo Completo, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: pggarciam@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de alimentos, especialmente en países del tercer mundo, es sometida a la aplicación desproporcionada de plaguicidas, en parte por falta de una adecuada asistencia técnica o por la falta de regulación estatal; esta situación puede generar problemas de residualidad en los productos cosechados que pueden predisponer a los consumidores a enfermedades relacionadas con neoplasias (cáncer) y otras anomalías. Adicionalmente, algunos procesos deficientes en la producción y comercialización de los alimentos, sumados al cuidado del ambiente, han venido generando una fuerte demanda de los consumidores por productos que procedan de esquemas de agricultura limpia u orgánica [1].

Acorde con lo dicho anteriormente, el cultivo de la orellana (*Pleurotus ostreatus*) puede cumplir con las características de inocuidad, siendo una sus de características alimenticias su exquisito sabor, su alto aporte proteínico que tiene todos los aminoácidos esenciales, es rico en fibra dietética, carbohidratos, minerales, vitaminas, ácido linoleico y baja concentración de grasas [2].

GENERALIDADES DE LOS HONGOS COMESTIBLES

Prácticamente todos los hongos comestibles de importancia a escala industrial pertenecen a la clase de los Basidiomicetes, principalmente para la obtención masiva de fructificaciones (basidioscarpos) de estos, pero a veces también para la producción de micelio tanto para siembra como para consumo directo. Los hongos comestibles más representativos pertenecen al orden de los Agaricales, siendo los géneros más comunes, *Agaricus* (fam. *Agaricaceae*), *Lentinus*, *Flammulina*, *Pleurotus*, *Tricholoma* (fam. *Tricholomataceae*), *Volvariella* (fam. *Volvariaceae*), *Pholiota* (fam. *Cortinariaceae*), *Kuehneromyces* y *Stropharia* (fam. *Strophariaceae*) y *Coprinus* (fam. *Coprinaceae*) [3].

Historia del cultivo de *P. ostreatus* como hongo comestible

El hongo *P. ostreatus* pertenece al reino Fungí, grupo Eumycota, clase Basidiomicetes, subclase Holobasidiomicetidae, orden Agaricales, familia Tricholomataceae, género *Pleurotus*. Aunque la población colombiana no ha tenido una significativa cultura de consumo de hongos, en Centroamérica desde tiempos remotos se han utilizado los hongos como fuente de alimento, ya sea como plato principal, como delicadeza gastronómica o como complemento.

Desde el punto de vista etnomicológico han sido de gran importancia para diversos grupos indígenas, especialmente en Mesoamérica, posteriormente para campesinos en regiones donde se desarrollan en abundancia, principalmente en bosques húmedos y en zonas templadas donde predominan especies arbustivas de coníferas [3].

Los primeros cultivos experimentales de *P. ostreatus* fueron iniciados en Colombia hacia 1990 en el laboratorio de microbiología de la Universidad de Antioquia, con la asesoría del micólogo Gastón Guzmán [4], se tenía el fin de tratar una gran cantidad de residuos lignocelulósicos que se generan a partir del cultivo e industrialización del café, por lo que diversos estudios acerca del cultivo de hongos del género *Pleurotus* spp se han realizado en las zonas cafeteras de Colombia desde la década de los 90 [5]. Desde 1993 se empezaron a realizar los primeros ensayos del cultivo de este macromiceto en La Calera (Cundinamarca); a finales de esta década se evidenció la producción del hongo de manera artesanal en diferentes localidades del territorio colombiano, el cual desde hace cinco años presenta cultivos con grandes inversiones orientada principalmente al consumo en fresco [6].

En el ámbito mundial, el hongo del género *Pleurotus*, comúnmente de dominado orellana u ostra, se ha posicionado en las últimas cinco décadas,

alcanzando un 14.2% de la producción total de los hongos comestibles para 1997, incrementándose esta tendencia a los últimos años; en este sentido, es China el principal productor con un 86.8% de la producción, partiendo de 800 000 toneladas al año [7].

Sustratos utilizados para el cultivo de *P. ostreatus*

Diversos investigadores han evaluado como sustratos para el cultivo del hongo *P. ostreatus*, la combinación de pastos de la variedad King grass, salvado de trigo y sulfato de calcio, con y sin adición de residuos de ají; en estos se observan altos niveles de eficiencia biológica, haciéndolos aptos para la producción a gran escala de la mencionada seta [8]. Este hongo puede ser cultivado en un medio preparado con materiales celulósicos como fragmentos de papel, aserrín de pino o de encino, o con paja de gramíneas y harina de frijol, a los cuales se le adicionan algunas sales minerales como carbonato y sulfato de calcio; también es cultivado en tocones o troncos de árboles muertos y en una variedad de especies agrícolas lignocelulósicas que contienen aproximadamente 60-70% de celulosa y 15% de lignina (rastrojo de maíz o de sorgo y bagazo de caña o de café) [9].

En Colombia, a partir de los procesos de producción de café, se generan más de 600 000 toneladas de pulpa, esta enorme cantidad de materia orgánica generalmente se arroja a quebradas y riachuelos, contribuyendo los procesos de eutrofización. Una alternativa para el tratamiento de estos residuos sólidos es la utilización de este material para la producción de *P. ostreatus*, una de las especies que presenta mayor contenido proteico, alcanzando hasta un 39%.

El micelio puro, obtenido de un medio con base en granos de trigo, se usó para inocular tubulares con aproximadamente 30 Kg de pulpa de café fermentada anaeróbicamente; se obtuvo una producción

de hongos que alcanzó un rendimiento de 25% del peso total de la pulpa inoculada. Los residuos finales de micelio más pulpa de café sobrante del proceso fueron empleados, con éxito, para alimentación de ganado vacuno de producción de leche [10]; así, los anteriores resultados demuestran la relevancia del cultivo de las orellanas como alternativa para la reutilización de desechos de procesos agroindustriales en la generación de nuevas fuentes de alimentación humana o animal.

Otros resultados se han obtenido con esta misma especie de hongo mediante la utilización de residuos de difícil degradación, en procesos de compostaje, así como los residuos café de consumo humano, aserrines y virutas de diferentes tipos de maderas, tamos, entre otros, los cuales son efectivos para el desarrollo del cultivo de *P. ostreatus*, siendo estos residuos una alternativa para su manejo, en especial si se combinan con residuos de partículas más grandes como lo son los bagazos de caña de azúcar o de los tallos de maíz [9].

La producción de hongos comestibles está en desarrollo en el país y puede contribuir a la reutilización de residuos sólidos de café para consumo humano, coloquialmente denominado “cuncho”, que por lo general son desechados o marginalmente utilizados como abono en labores de jardinería o como exfoliante.

El cultivo del hongo *P. ostreatus* presenta varias ventajas ambientales, desde la dimensión económica, social, cultural y tecnológica, dentro de las cuales se destacan:

- El hongo es una fuente de proteína de alta calidad, que, aunque no es tan alta como la animal, es más eficiente en términos de costos, espacio y tiempo de producción al utilizar diferentes residuos sólidos lignocelulósicos [2].
- El sustrato (compost agotado) que queda después de su cosecha puede utilizarse como sustrato para hongos de otros géneros, como

fertilizante y forraje para el ganado [11].

- El hongo ofrece beneficios medicinales al disminuir los niveles de colesterol, posee características anticancerígenas, efectos inmunomodulatorios, antiviral, antibiótico, antiinflamatorio [8].
- Al ser cultivo en menor escala que el champiñón su precio en el mercado nacional es mayor [9].
- El cultivo del hongo soluciona un problema ambiental, ya que reduce la acumulación y desecho del residuo de café y otros de origen vegetal [10].

POSIBLES APLICACIONES EN EL CONTEXTO URBANO

En el contexto de Bogotá D.C. puede ser viable la utilización de sustratos para la producción de las orellanas (*P. ostreatus*), pudiendo ser estos los residuos de café; bagazos de maíz y caña; cascara de frutas y tubérculos, vainas de diferentes leguminosas; restos de madera (virutas y aserrines) de diferentes tipos comercializados en la ciudad. Lo anteriormente dicho es compatible con los principios de los biosistemas integrados, ya que estos se caracterizan por unir uno o más sistemas biológicos en los cuales se transforma un residuo sólido de —desecho de un primer proceso productivo— para la elaboración de sustratos en la producción del mencionado hongo, cumpliéndose de forma clara que el producto de salida de un proceso de origen agroindustrial puede ser convertido el materia prima para un segundo proceso [5].

Es así como los biosistemas integrados pueden vincular de forma funcional residuos de tipo agrícola y forestales para la producción novedosa de alimentos, nuevas formas sostenibles de tratamientos de desechos (sólidos y líquidos), caracterizadas por una necesidad reducida de entrada de nutrimentos, agua y otros recursos [5].

La producción de orellanas desde el punto de vista tecnológico puede ser de tipo ambiental, ya que

se caracteriza por un alto grado de diversidad y heterogeneidad. El término se usa para incluir tecnologías y aplicaciones que se supone, contribuyen a la reducción de los impactos negativos de las actividades agroindustriales sobre el ambiente. Puede comprender procesos nuevos o modificados, técnicas, prácticas y sistemas cuyo uso ayuda a reducir de forma significativa el daño ambiental si se compara con otros tipos de tecnologías; por otra parte, debe demostrarse una valoración del posible daño ambiental que podría causar esta tecnología de producción, resaltándose aquellos procedimientos que protejan los recursos naturales a través de su conservación o de uso más eficiente, en cuanto a mejorar la comprensión sobre la interacción entre los sistemas sociales y ecológicos [12].

Desde el punto de vista de las tecnologías limpias, los cultivos de las orellanas pueden tener una función en la protección del ambiente mediante la prevención de la contaminación, ya que en su proceso productivo utilizan residuos sólidos, que normalmente son desechados, convirtiéndolos en una fuente de alimento [13]. Las tecnologías limpias, se caracterizan por mejorar la eficiencia de los procesos de producción, son menos contaminantes a lo largo del tiempo [14]; la producción limpia reorienta la jerarquía de gestión de los contaminantes, la cual es compatible con el cultivo de las orellanas (*P. ostreatus*) en tanto se consideran las oportunidades de prevención de la contaminación, mediante la reducción, reutilización y reciclado de los residuos de origen vegetal procedentes de procesos de origen agroindustrial.

Desde el punto de vista educativo, es un buen modelo de investigación formativa para ser implementado en grupos de semilleros de investigación, en todos programas universitarios, tecnológicos y técnicos —especialmente en las áreas ambientales—; se recomienda evaluar en estos grupos la eficiencia biológica de *P. ostreatus*, teniendo en cuenta que este hongo es saprofito en su ámbito natural, siendo habitante común de bosques tropicales de

Sudamérica, por lo que se debe buscar condiciones para su cultivo que imiten normalmente las que presentan en ecosistemas boscosos tales como alta humedad, baja luminosidad y abundante disponibilidad de materiales en descomposición, con altos contenidos de lignina y celulosa.

Si se pretende su producción con fines comerciales, se necesita partir de la semilla (micelio) de alta calidad, la cual debe provenir de laboratorios reconocidos, los cuales tienen un delicado proceso de extracción de las basidiosporas del hongo; se realiza su cultivo en medios especializados hasta la obtención del micelio. Una vez logrado lo anterior, este será nuevamente propagado, pero en granos de salvado de trigo, esto con el fin de obtener material biológico del hongo confiable desde el punto de vista de pureza y viabilidad. Antes de la inoculación de la semilla, esta se debe mantener a temperaturas de refrigeración (4 °C-6 °C) y en condiciones de esterilidad en bolsas de papel *kraft* [15]. Para la elaboración de los sustratos, se pueden componer mezclas de los residuos sólidos o desperdicios de origen vegetal anteriormente mencionados, los cuales deben remojarse por dos días para luego ser hervidas por 45 minutos antes de su utilización [2].

CONCLUSIONES

El cultivo de las orellanas (*P. ostreatus*) puede ser viable en Bogotá D.C., ya que cuenta con abundantes fuentes de nitrógeno (leguminosas), de carbono —de cadena corta (melazas) como larga (maderas y residuos de café)—, procedentes de residuos y desperdicios sólidos de la comercialización de alimentos a lo largo y ancho de la ciudad.

Este sistema de producción demanda poco espacio y utiliza eficientemente el agua, permitiendo su implementación en todos los estratos de Bogotá D.C., además de contribuir al mejoramiento de la seguridad alimentaria de sus habitantes. Este esquema de producción permite a los estudiantes de

los programas de las áreas ambientales entender de forma práctica el potencial para la reutilización sostenible de los residuos sólidos orgánicos de origen vegetal, al ser incorporados como materia prima en un segundo proceso productivo.

REFERENCIAS

- [1] A. M. Del Puerto, S., Suárez y D. E. Palacio, “Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud”, *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol. 52, no. 3, pp. 372–387, 2014.
- [2] A. Cano-Estrada y L. Romero-Bautista, “Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres”, *Revista Chilena de Nutrición*, vol. 43, no. 1, pp. 75–80, 2016. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>
- [3] E. Aguirre-Acosta, M. Ulloa, S. Aguilar, J. Cifuentes y R. Valenzuela, “Biodiversidad de hongos en México”, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 85, pp. 76–81, 2014. <https://doi.org/10.7550/rmb.33649>
- [4] F. Cardona, “Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*”, *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, vol. 16, pp. 99–118, 2001.
- [5] N. Rodríguez-Valencia, *Estudio de un Biosistema Integrado para el Postratamiento de las Aguas Residuales del Café Utilizado Macrófitas Acuáticas*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2009.
- [6] C. López-Rodríguez, R. Hernández-Corredor, C. Suárez-Franco y M. Borrero, “Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca”, *Universitas, Scientiarum*, vol. 13, no. 2, pp. 128–137, 2008.
- [7] S. Chang, “Mushroom Production”, *Biotechnology*, vol. 7, p. 20.
- [8] C. L. Forero, O. L. Hoyos, y W. E. Bazantes, “Evaluación de residuos de ají (*Capsicum spp.*) como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)”, *Facultad de*

- Ciencias Agropecuarias*, vol. 6, no. 1, pp. 42-53, 2008.
- [9] J. P. Garzón y J. L. Cuervo, "Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia", vol. 6, no. 10, pp. 126–140, 2008.
- [10] J. C. Lozano, "Producción comercial del champiñón (*Pleurotus ostreatus*) en pulpa de café", *Revista Colombiana de Fitopatología*, vol. 14, no. 2, pp. 42–47, 1990.
- [11] G. Rodríguez, "Cultivos de hongos comestibles," *Fruticultura y Diversificación*, vol. 52, pp. 10–15, 2007.
- [12] M. Weber, "Informe de vigilancia tecnológico: Tecnologías ambientales". [En línea]. Disponible en: https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt_ce3_tecnologias_ambientales.pdf
- [13] S. M. Villagaray y E. B. Bautista, "Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú," *Acta Nova*, vol. 5, no. 2, pp. 289–311, 2011.
- [14] L. Sandoval, "Programa horizontal de tecnologías limpias y energías renovables". [En línea]. Disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128192419.pdf>
- [15] R. Rodríguez-Macias, *Caracterización de cepas del hongo comestible *Pleurotus spp.* en medios de cultivo y su evaluación en substratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos*, Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, 1996.





Índice de capacidad con perfiles lineales en el proceso de concentración y potencial de hidrógeno de fungicidas

Index of capacity with linear profiles in the process of concentration and potential of hydrogen of fungicides

Jorge Andrés Trillos García¹ María Alejandra Viloría Canole² Roberto José Herrera Acosta³

Para citar: Trillos, J., Viloría, M., y Herrera, R. (2018). Índice de capacidad con perfiles lineales en el proceso de concentración y potencial de hidrógeno de fungicidas. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 32-38, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.12795>.

Recibido: 30-noviembre-2017 / **Aprobado:** 17-diciembre-2017

Resumen

A lo largo del texto se toman como base las aplicaciones del control estadístico mediante la utilización de perfiles lineales, lo anterior en la obtención de los índices de capacidad con el objetivo de saber si un proceso cumple con las especificaciones técnicas pedidas, teniendo en cuenta las exigencias de la empresa y los clientes, además de la posibilidad de mejora en el proceso de fabricación de un artículo en específico; por otro lado, se observa si con el uso de perfiles lineales se obtiene una mejor eficacia en el proceso de fungicidas. Al realizar este análisis se concluyó que mediante el índice de capacidad tradicional ninguna de las variables cumple con las especificaciones requeridas por el proceso, mientras que implementando el método de perfiles lineales simple los resultados fueron satisfactorios, teniendo un proceso centrado.

Palabras clave: calidad, control estadístico, índices de capacidad, perfiles lineales.

Abstract

This article is based on the study, the applications of statistical control through the use of linear profiles in obtaining the capacity indexes in order to know if a process is capable and complies with the requested technical specifications, taking into account the tolerances required by the company and customers, as well as the possibility of improving the manufacturing process of a specific item. In this work, it is also sought to see if with the use of these linear profiles a better efficacy in the fungicide process was obtained. On having realized this analysis one concluded that by means of the index of traditional capacity none of the variables was expiring with the specifications needed by the process whereas with the simple method of linear profiles it was more efficient giving satisfactory results, having a centered process.

Keywords: capacity indexes, control, linear profiles, quality, statistical.

1. Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad del Atlántico, Colombia. Correo electrónico: jatrillos@mail.uniatlantico.edu.co
2. Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad del Atlántico, Colombia. Correo electrónico: malejandraviloría@mail.uniatlantico.edu.co
3. Doctorando, Universidad Central de Venezuela, Venezuela. Correo electrónico: robertojoseherrera@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se pueden observar diferentes factores que afectan el manejo en el control de la calidad, por tal motivo las empresas deben tener un sistema de mejoramiento continuo que satisfaga las necesidades del cliente, ayudándose del control estadístico del proceso (SPC, por sus siglas en inglés) para analizar las variables que puedan causar inconsistencias dentro del proceso; lo anterior tiene el fin de prevenir que existan factores dentro de la producción que impidan cumplir con los requerimientos mínimos de calidad propuestos por la compañía.

En el siguiente trabajo se aplicarán los índices de capacidad mediante los perfiles lineales para determinar si el proceso presenta variaciones, a partir de los gráficos de control se establecerá si el proceso cumple con las especificaciones requeridas por el cliente o la empresa, lo cual, a su vez, permite evaluar el rendimiento de la operación en cada uno de los procesos y saber los puntos críticos que hacen que el producto final no cumpla con los estándares de calidad; se busca realizar una aplicación de las fórmulas de índice de capacidad para perfiles lineales implementadas por Nemat Keshtelia, Baradaran Kazemzadeha, Amirib y Noorossan [1].

Los perfiles lineales se representan comúnmente como modelos paramétricos, regresión lineal simple, regresión lineal múltiple, regresión polinómica, no lineal regresión, regresión logística, modelos circulares y modelos cilíndricos; los índices de capacidad de proceso se utilizan para evaluar el rendimiento del proceso. Sin embargo, hay pocos documentos sobre el índice de capacidad del proceso en los perfiles, por eso es necesario investigar más sobre el tema, lo cual se procura en el siguiente trabajo de investigación [2].

MARCO TEÓRICO

Monitoreo de perfil

El uso de las cartas de control en situaciones donde la calidad de un proceso o producto está

caracterizada por la relación funcional entre una variable de respuesta y una o más variables independientes se denomina monitoreo de perfil, la mayoría de las investigaciones sobre el monitoreo de perfil hacen referencia al perfil lineal simple. Un perfil lineal simple es un perfil lineal con una sola variable independiente [3].

Se deben considerar dos fases en el monitoreo de perfil, en la primera fase el objetivo principal es estimar los parámetros del perfil y evaluar la estabilidad del proceso, dichas estimaciones se usan para diseñar gráficos de control; por otro lado, en la segunda fase se detectan de manera inmediata los cambios en los parámetros del proceso.

$$y_{ij} = A_0 + A_1 X_i + \varepsilon_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

Donde ε_{ij} son variables aleatorias independientes distribuidas normalmente con media cero y varianza σ^2 . La pendiente de intersección de la línea se llama coeficiente de regresión o perfil, se supone que los valores X son fijos y toman el mismo conjunto de valores para cada muestra [4].

Los índices de capacidad del proceso se utilizan para evaluar cuál es el rendimiento del proceso. Kane introdujo el primer índice de capacidad C_p , encargado de medir la capacidad potencial de un proceso sin tener la necesidad de involucrar la media del proceso. Su ecuación se presenta a continuación:

$$C_p = \frac{Les - Lei}{UNTL - LNLT} = \frac{Les - Lei}{(\mu + 3\sigma) - (\mu - 3\sigma)} \quad (2)$$

Donde σ es la desviación estándar del proceso; *Les* y *Lei* son los límites de especificación inferior y superior; *UNTL* es el límite superior de tolerancia natural y *LNLT* es el límite inferior de tolerancia natural; C_{PK} es el índice de capacidad del proceso, el cual se utiliza para comparar la dispersión del proceso y el rango de tolerancia, además que considera la posición de la media del proceso [5].

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{Les - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - Lei}{3\sigma} \right\} \quad (3)$$

Existen otros tipos de índices de capacidad de proceso, en [3] proponen un método para un índice de capacidad de proceso cuando se está monitoreando un perfil lineal simple; consideran la variable respuesta como una característica de desigualdad con distribución limitada y límites de especificación conocidos. El C_{pk} de la variable respuesta se calcula en cada nivel de la variable explicativa, luego, el C_{pk} se introduce como el índice de capacidad del proceso en un perfil lineal simple.

Ebadi y Shahriari [5] reemplazaron la variable de respuesta de Shahriari y Sarafian [3] por una variable de respuesta pronosticada en cada nivel de la variable explicativa, posterior a ello utilizaron un índice de capacidad de proceso múltiple para medir la capacidad del proceso. También mencionaron que el C_{pk} en los niveles de variable explicativa conduce a un índice de capacidad del proceso subestimado, motivo por el cual sugirieron un método basado en el método de Bothe que utiliza una proporción de elementos no conformes [6].

En [4] se centran en el índice de capacidad de proceso de un perfil lineal simple bajo el supuesto de no normalidad de la variable respuesta, introdujeron la distribución Burr XII en la variable de respuesta de cada nivel de la variable explicativa; posteriormente usaron el método Clements con el fin de calcular C_{pu} , C_{pl} , es decir, C_{pk} para la variable respuesta en cada nivel de la variable explicativa. En dicho método el C_{pk} de la variable respuesta se calcula en n niveles de la variable explicativa, mientras que el C_{pk} se introduce como el índice de capacidad del proceso en el perfil lineal simple; C_p y C_{pk} se calcula de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{1}{6} [\phi^{-1}(1 - P_U) - \phi^{-1}(P_L)], \quad (4)$$

$$C_{pk} = \frac{1}{3} \min[\phi^{-1}(1 - P_U) - \phi^{-1}(P_L)], \quad (5)$$

Donde P_U se estima usando las ecuaciones (6) y (7).

$$P_U = 1 - \prod_{i=1}^n P_r(y_{ij} < les), \quad (6)$$

$$P_U = 1 - \prod_{i=1}^n \phi\left(\frac{Les_i - \mu_i}{\sigma}\right), \quad (7)$$

P_L se estima con las ecuaciones (8) y (9).

$$P_L = 1 - \prod_{i=1}^n P_r(y_{ij} > Lei), \quad (8)$$

$$P_L = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \phi\left(\frac{Lei_i - \mu}{\sigma}\right)\right), \quad (9)$$

En las ecuaciones (7) y (9) μ y σ son la media y la desviación estándar de la variable de respuesta en diferentes niveles de la variable explicativa; Les_i y Lei_i en las ecuaciones (6) y (9) son los límites de especificación superior e inferior para la variable de respuesta en el nivel i -ésimo de la variable explicativa, considerando n mezcla de puntos de diseño dentro de un perfil lineal simple.

El índice de capacidad del proceso C_p que se definió en la ecuación (2) es una comparación entre los límites de tolerancia natural y los límites de especificación de un proceso. En un perfil lineal simple $y = A_0 + A_1X$ es la línea de referencia del proceso, $a_0 + a_1x$ es la media condicional de Y y X , por lo que μ se calcula de la siguiente manera:

$$\mu = a_0 + a_1x \quad (10)$$

Es una variable aleatoria normal con media de $a_0 + a_1x$ y varianza de σ^2 , a_0 y a_1 son estimaciones de A_0 y A_1 y se calculan como $a_0 = (\sum_j^k a_{0j})/k$ y $a_1 = (\sum_j^k a_{1j})/k$, respectivamente. Son a_{0j} y a_{1j} los interceptos estimados en el j -ésimo perfil de muestra.

La varianza del proceso σ^2 se estima utilizando MSE y se calcula como $MSE = (\sum_j^k MSE_j)/k$, donde MSE_j es la varianza estimada en el j -ésimo perfil de muestra; por lo tanto, se puede definir el **UNTL** y **LNTL** de Y como la ecuación (11) y (12) [7].

$$UNTL_j = \mu + 3\sigma = a_0 + a_1x + 3\sigma \quad (11)$$

$$LNTL_j = \mu - 3\sigma = a_0 + a_1x - 3\sigma \quad (12)$$

UNTL y **LNTL** son dos líneas paralelas y la distancia entre ellos es igual a 6σ . Como se mencionó anteriormente, μ , **UNTL** y **LNTL** de Y son funciones de C como $\mu_y(x) = a_0 + a_1x$, $UNTL_y(x) = a_0 + a_1x + 3\sigma$ y $LNTL(x) = a_0 + a_1x - 3\sigma$. Se supone que los límites de especificación de Y son dos funciones de X , tal como las obtiene las ecuaciones (13) y (14).

$$Les_y(x) = a_{0u} + a_{1u}x \quad (13)$$

$$Lei_y(x) = a_{0l} + a_{1l}x \quad (14)$$

Actualmente C_p de un perfil lineal simple tiene una forma funcional, como se presenta en la ecuación (15).

$$C_p = \frac{Les_y(x) - Lei_y(x)}{UNTL_y(x) - LNTL(x)} \quad x \in [x_1, x_2] \quad (15)$$

Al usar $C_p(x)$ como el índice de capacidad del proceso del perfil lineal simple, es posible evaluar la capacidad en cada nivel de X . La capacidad del proceso en cada nivel de la variable explicativa propone información detallada del proceso, sin embargo, es necesario tener un valor único del índice de capacidad del proceso para un perfil lineal simple en todos los rangos de la variable explicativa, lo anterior con el fin de dar un juicio general sobre la capacidad del proceso. Se recomienda utilizar el área limitada entre Les_y y Lei_y para calcular $Les_y(x)$ y $Lei_y(x)$, también el área limitada entre $UNTL_y$ y $LNTL_y$ para calcular $UNTL_y(x)$ y $LNTL(x)$, lo propuesto por los

autores al determinar un valor único para el C_p de un perfil lineal simple es:

$$C_{p(\text{profile})} = \frac{\int_{x_1}^{x_u} [Les_y(x) - Lei_y(x)] dx}{\int_{x_1}^{x_u} [UNTL_y(x) - LNTL(x)] dx} \quad x \in [x_1, x_u] \quad (16)$$

$UNTL_y(x)$ y $LNTL(x)$ son dos líneas paralelas. $Les_y(x)$ y $Lei_y(x)$ son dos líneas paralelas como $Les_y(x) = a_{0u} + a'_{1u}x$, y $Lei_y(x) = a_{0l} + a'_{1l}x$, donde a_{0u} , a_{0l} , a'_{1u} son la intercepción de $Les_y(x)$, la intercepción de $Lei_y(x)$ y la pendiente de $Les_y(x)$ y $Lei_y(x)$. La distancia de estas líneas paralelas se puede considerar como su diferencia, por lo que $C_{p(\text{profile})}$ se calcula de la siguiente manera:

$$C_{p(\text{profile})} = \frac{a_{0u} - a_{0l}}{6\sigma} \quad (17)$$

$C_{pk}(x)$ se calcula así:

$$C_{pk}(x) = \min \left\{ \frac{Les_y(x) - \mu_y(x)}{UNTL_y(x) - \mu_y(x)}, \frac{\mu_y(x) - Lei_y(x)}{\mu_y(x) - LNTL(x)} \right\} \quad x \in [x_1, x_u] \quad (18)$$

Donde $\mu_y(x)$ es la función de la línea de referencia, $C_{pk}(x)$ da el valor de C_{pk} de un proceso simple en cada nivel de x , el C_{pk} de un perfil lineal simple se calcula:

$$C_{pk(\text{profile})} = \min \left\{ \frac{\int_{x_1}^{x_u} [Les_y(x) - \mu_y(x)] dx}{\int_{x_1}^{x_u} [UNTL_y(x) - \mu_y(x)] dx}, \frac{\int_{x_1}^{x_u} [\mu_y(x) - Lei_y(x)] dx}{\int_{x_1}^{x_u} [\mu_y(x) - LNTL(x)] dx} \right\} \quad (19)$$

El índice de capacidad del proceso C_{pk} , cuando solo se encuentra disponibles los límites de especificación funcional superior o inferior, se puede calcular mediante las siguientes ecuaciones:

$$C_{pk(\text{profile})} = \frac{\int_{x_1}^{x_u} [Les_y(x) - \mu_y(x)] dx}{\int_{x_1}^{x_u} [UNTL_y(x) - \mu_y(x)] dx} \quad (20)$$

$$C_{pk(\text{profile})} = \frac{\int_{x_1}^{x_u} [\mu_y(x) - Lei_y(x)] dx}{\int_{x_1}^{x_u} [\mu_y(x) - LNTL(x)] dx} \quad (21)$$

Si $Les_y(x)$ es más grande que $\mu_y(x)$ en $[x_l, x_m]$ y menor que $\mu_y(x)$ en $[x_m, x_u]$, entonces el índice de capacidad mínimo se calcula de la siguiente manera:

$$C_{pk(\text{profile})} = \min \left\{ \frac{\int_{x_l}^{x_m} [Les_y(x) - \mu_y(x)] dx - \int_{x_m}^{x_u} [\mu_y(x) - Les_y(x)] dx}{\int_{x_l}^{x_u} [UNTL_y(x) - \mu_y(x)] dx}, \frac{\int_{x_l}^{x_u} [\mu_y(x) - Lei_y(x)] dx}{\int_{x_l}^{x_u} [\mu_y(x) - LNTL(x)] dx} \right\} \quad (22)$$

MÉTODOS

Para demostrar la aplicación del control estadístico en el proceso de fabricación de los fungicidas se tomaron los datos históricos de dos variables, concentración y potencial de hidrógeno (pH). Para hallar el índice de capacidad con perfiles lineales se procede a:

- Tabular los datos tomados en el proceso de fabricación de fungicida.
- Calcular el índice de capacidad univariado tradicional para ambas variables.
- Los datos tabulados se utilizan para realizar diversos análisis estadísticos a través de un *software*.
- Luego se hallan los índices de capacidad para perfiles lineales.

RESULTADOS

En este artículo se busca conocer el índice de capacidad del proceso de la concentración y el *pH* de un proceso de fungicidas, se realizará una regresión lineal para hallar el índice de capacidad para perfiles, aplicando la propuesta de aplicación de una regresión simple y realizando una modificación a la propuesta por [8].

Los datos tomados sobre la concentración y el *pH* se mostrarán en la Tabla 1.

Inicialmente se determinaron los índices de capacidad univariados tradicionales implementando la ecuación (2) para cada una de las variables. Para la concentración el C_p es de 0,5932 y el C_p de la variable *pH* es de 0,6626 (Figura 1 y Figura 2).

Tabla 1. Datos históricos.

Nº	Concentración (Y)	pH(X)
1	59,51	14,790
2	58,01	14,640
3	59,00	14,730
4	60,17	14,160
5	61,50	14,970
6	61,02	14,625
7	59,63	15,660
8	60,24	14,025
9	58,95	15,030
10	57,98	14,340
11	60,44	14,700
12	58,91	14,190
13	59,18	15,030
14	59,46	14,640
15	59,42	14,640

Fuente: Elaboración propia.

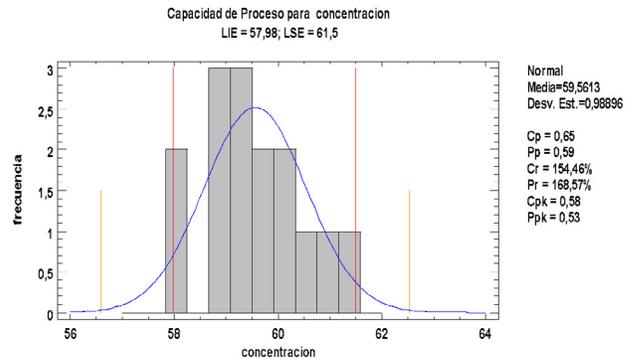


Figura 1. Índice de capacidad para la variable concentración
 $C_p = 0,5932$

Fuente: elaboración propia.

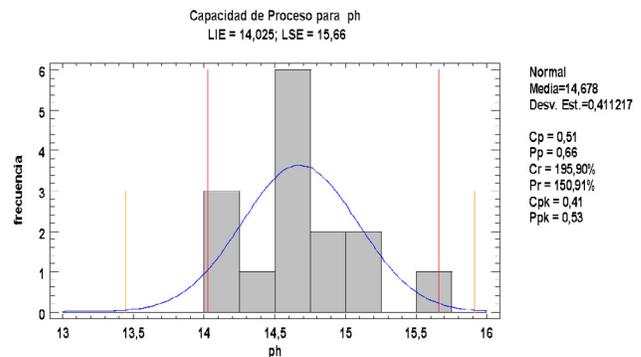


Figura 2. Índice de capacidad para la variable pH
 $C_p = 0,6626$.

Fuente: elaboración propia.

Los índices de capacidad que arrojaron las variables son menores a la unidad, por lo que el proceso no cumple con las especificaciones de diseño. El factor de correlación dio un valor muy bajo (0,0038), lo que indica que la relación entre las variables es débil; en este sentido, la ecuación de regresión línea de $Y = 57,37 + 0,14X$ o $Concentración = 57,37 + 0,14 \times pH$, no brindará un modelo eficiente para predecir la correspondencia entre el pH y la concentración del proceso de fungicidas.

Se calcula el índice de capacidad lineal, por lo que se determinan los límites de especificación superior e inferior (Les y $Leis$) y los límites de proceso superior e inferior ($UNTL$ y $LNTL$). Los límites de especificación se obtienen con los intervalos de confianza del proceso los cuales se mostrarán en la Tabla 2.

Tabla 2. Intervalos de confianza.

Parámetro	Estimación	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Constante	57,3712	9,77517	36,2532	78,4892
pH	0,149211	0,665731	-1,28902	1,58744

Fuente: elaboración propia.

Obteniendo las ecuaciones $les = 78,4892 + 1,58744x$ y $lei = 36,2532 - 1,28902x$, donde μ es la ecuación de la variable Y y σ es la raíz del cuadrado medio del error, la cual es 0,87171211. Los límites del proceso están determinados por las siguientes ecuaciones, para el límite superior $UNTL = 78,4892 + 0,149211x$ y para el límite inferior $LNTL = 36,2532 + 0,149211x$.

Se calcula el índice de capacidad del proceso teniendo en cuenta las especificaciones de la variable de pH (2,4-3), el índice de capacidad del proceso es:

$$C_{p(\text{profile})} = \frac{\int_{2,4}^3 [78,4892 + 1,58744x - 36,2532 + 1,28902x] dx}{\int_{2,4}^3 [78,4892 + 0,149211x - 36,2532 - 0,149211x] dx}$$

$$C_{p(\text{profile})} = 1,1838$$

El resultado indica un proceso capaz de cumplir en forma satisfactoria las especificaciones establecidas. Posteriormente se determina el C_{pk} (*profile*) con el fin de identificar hacia dónde se encuentra desplazado el proceso.

$$C_{pk(\text{profile})} = \min \left\{ \frac{\int_{2,4}^3 [78,4892 + 1,58744x - 57,3712 - 0,14211x] dx}{\int_{2,4}^3 [78,4892 + 0,149211x - 57,3712 - 0,14211x] dx}, \frac{\int_{2,4}^3 [57,3712 - 0,14211x - 36,2532 + 1,28902x] dx}{\int_{2,4}^3 [57,3712 - 0,14211x - 36,2532 - 0,149211x] dx} \right\}$$

$$C_{pk(\text{profile})} = \min\{1,1; 1,1\}$$

El C_{pk} indica que el proceso de fabricación de fungicidas se encuentra centrado.

CONCLUSIONES

Cuando se realizó el cálculo de los índices de capacidad univariado tradicionales dio como resultado que ninguna de las variables cumplía con las especificaciones requeridas por el proceso, la regresión lineal arrojó que las variables, a pesar de que su correlación no es fuerte, en el índice de capacidad con un perfil lineal simple son satisfactorias, lo que demuestra que existe una diferencia entre el método clásico que omite la asociación de las variables, así sea de un grado menor, con respecto al método de perfiles lineales; esta diferencia implica en el control estadístico de calidad una discusión acerca de cuál de las metodologías es la adecuada para representar las condiciones reales de un proceso.

REFERENCIAS

- [1] P. D. Paula, *Control estadístico de calidad multivariado, para el monitoreo e identificación de causas de variabilidad en procesos*, Tesis de grado, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2012.
- [2] R. Noorossana, A. Saghaie and A. Amiri, *Statistical Analysis of Prole Monitoring*. New Jersey: John Wiley and Sons, 2011. <https://doi.org/10.1002/9781118071984>

- [3] H. Shahriari y M. Sarafian, "Evaluación del proceso – Evaluación de la capacidad en perfiles lineales", en *Conferencia Internacional de Ingeniería Industrial*, Teherán, 2009.
- [4] Hosseinifard, SZ y Abbasi, B. Evaluación de pro índices de capacidad de Cess lineal per les", *Revista Internacional de Gestión de Calidad y Confiabilidad*, 29 (2), pp. 162-176 (2012).
- [5] M. Ebadi and H. Shahriari, "A process capability index for simple linear profile, International", *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 64, pp. 857-865 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4066-7>
- [6] J. D. Mosquera, J. C. Mosquera y I. Artamónova, "Indicadores de capacidad aplicados a la deserción en las universidades colombianas", *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 21, no. 2, pp. 183-203, 2011. <https://doi.org/10.18359/rcin.266>
- [7] O. Mestek, J. Pavlik and M. Suchanek, "Multivariate control charts: control charts for calibration curves", *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 350, no. 6, pp. 344-351, 1994.
- [8] R. Nemati, R. B. Kazemzadeha, A. Amiri and R. Noorossana, "Developing functional process capability índices for simple linear profile" *Scientia Iranica*, vol. 21, no. 3, 2014.





Evaluación de tres desinfectantes contra el moho gris causado por *Botrytis cinerea* en el cultivo de rosa

Evaluation of three disinfectant cleaners against gray mould caused by *Botrytis cinerea* in rose cultivation

Paulo Germán García Murillo¹

Para citar: García, G. (2018). Evaluación de tres desinfectantes contra el moho gris causado por *Botrytis cinerea* en el cultivo de rosa. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 39-45, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.13882>.

Recibido: 28-septiembre-2018 / **Aprobado:** 21-noviembre-2018

Resumen

El agente causal del moho gris *Botrytis cinerea* es uno de los principales hongos fitopatógenos limitantes en la producción del cultivo de rosa, por lo cual es necesaria la aplicación de productos para una adecuada desinfección de herramientas, enseres, equipos y superficies, evitando de esta forma su diseminación. El objetivo de la presente investigación es evaluar tres desinfectantes comerciales —Désogerme Végétaux[®], Désogerme Microserre[®] y Pursue[™]— contra *B. cinerea* en el cultivo de rosa. En la evaluación *in vitro* se determinó que los tres productos reducen significativamente el crecimiento del fitopatógeno, los dos primeros productos retardan el crecimiento hasta las 120 horas y 72 horas respectivamente. Con respecto a la evaluación *in vivo* realizada en tallos de rosa, se observó que el producto Désogerme Microserre[®] presenta una eficacia del 95% a las seis horas contra *B. cinerea*, por lo cual fue el que brindó un mejor control del moho gris en el cultivo de rosa.

Palabras clave: *Botrytis cinerea*, desinfectantes, moho gris, rosa.

Abstract

The causal agent of gray mould *Botrytis cinerea* is one of the main phytopathogenic fungi limitations in the production of roses. Therefore, it is necessary to apply cleaner products for an adequate disinfection of tools, appliances, equipment and surfaces and thus avoid its dissemination. The aim of this research is to evaluate three commercial disinfectant cleaners: Désogerme_Végétaux[®], Désogerme_Microserre[®] and Pursue[™] against *B. cinerea* in the production of roses. An *in vitro* assessment conducted determined that the three commercial disinfectant cleaners significantly reduce the growth of the phytopathogen. In fact, the first two disinfectant cleaners retard the growth of mould up to 120 hours and 72 hours respectively. An *in vivo* assessment conducted in rose stems determined that the product Désogerme_Microserre[®] presents an 95% efficiency against *B. cinerea* up to 6 hours after the product application consequently it was the best gray mould control in rose cultivation.

Keywords: *Botrytis cinerea*, disinfectants, gray mold, rose.

1. Magíster en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Docente de Tiempo Completo, Universidad Santo Tomas. Correo electrónico: pggarciam@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

Colombia es el segundo país exportador de flores de corte en el mundo, aportando un 4% de las rosas consumidas a nivel mundial [1]; sin embargo, la producción de rosas se ve constantemente limitada por plagas y enfermedades. Dentro de las más representativas por causar grandes pérdidas en la producción de flores, y en especial de la rosa, se encuentra el moho gris, causado por el hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea* Pers.:Fr., con amplia distribución geográfica y con capacidad de atacar más de 200 especies vegetales entre ornamentales, frutas y hortalizas [2].

En el cultivo de la rosa, la ausencia o poca periodicidad de podas sanitarias pueden predisponer la acumulación de material senescente, que son fuente potencial del inóculo de *B. cinerea* [3]; igualmente, al no retirar los restos de material vegetal de las camas de cultivo de rosa se predispone la formación de esclerocios de *B. cinerea*, los cuales posteriormente pueden infectar diferentes órganos de la planta [4]. En los procesos de la cosecha, transporte y el almacenamiento en la poscosecha, se pueden causar daños mecánicos que también favorecen la entrada de este fitopatógeno, por lo que se requieren medidas de tratamiento en los sitios de corte, almacenamiento y para los enseres propios de los procesos de clasificación y empaque de la rosa [4].

En algunos casos se han empleado fungicidas de origen sintético en tratamientos poscosecha mediante la inmersión o microaspersión de la flor, pero estos productos generan residualidad, acompañados del riesgo sobre la salud humana [5]. Ante tal problemática se pueden utilizar alternativas para el tratamiento de las rosas en la poscosecha y la desinfección de herramientas, superficies, herramientas y equipos como los desinfectantes con amonios cuaternarios, los cuales son menos contaminantes y representan un riesgo bajo para la salud humana en comparación con los fungicidas tradicionales [6].

El objetivo principal de la presente investigación es la evaluación de tres productos desinfectantes, Désogerme Végétaux® y Désogerme Microserre® y Pursue™, contra *B. cinerea* en el cultivo de rosa en Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La eficacia de los tres productos contra *B. cinerea*, fue realizada para todos *in vitro*, e *in vivo* únicamente para los productos Désogerme Végétaux® y Désogerme Microserre® (Tabla 1); las dos pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Santo Tomas en la sede principal ubicada en Bogotá D.C.

Tabla 1. Productos a base de amonios cuaternarios evaluados *in vitro* e *in vivo* contra *B. cinerea*.

Producto	Ingrediente Activo	Dosis ml*l ⁻¹
Pursue™	Cloruro Dimonio Dicaprilit, Cloruro de benzalconio, Metasilicato de sodio, Alcohol	1,0
Désogerme Végétaux®	Cloruro de amonio benzil dimetil alquil, Cloridrato de Polihexametileno Biguanida (PHMB)	1,5
Désogerme Microserre®	Cloruro de amonio benzil dimetil alquil, Glutaraldehido,	1,0

Fuente: elaboración propia.

Los desinfectantes fueron preparados en agua destilada estéril, en las dosis recomendadas por sus respectivas fichas técnicas (Tabla 1). Para la realización de las pruebas *in vivo* se prepararon 20 ml de cada producto, lo anterior con el fin de su posterior aplicación a los tallos de rosa de la variedad Forever Young.

Microrganismo causante del moho gris

El aislamiento utilizado tanto en la prueba *in vitro* como *in vivo* fue suministrado por la colección de microorganismos del programa de Administración Ambiental y de los Recursos Naturales, adscrito a la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la

Universidad Santo Tomas; este patógeno se mantuvo en cajas de Petri con medio Sabouraud Dextrosa Agar (Oxoid), hasta el momento del montaje de los mencionados ensayos.

Material vegetal

Las rosas de la variedad mencionada (tipo exportación), fueron obtenidas en la plaza de Paloquemado en Bogotá D.C., Colombia.

Se utilizaron tallos tiernos de rosa de la variedad Forever Young con botones florales, 15 cm de longitud aproximadamente, para la realización de las pruebas de eficacia de los desinfectantes *in vivo*, seleccionados previamente en la prueba *in vitro* contra *B. cinerea*. Antes de la realización de las pruebas, los tallos fueron lavados con detergente y el exceso se lavó con abundante agua; posteriormente fueron depositados en una solución de hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) al 1,0 % y nuevamente enjuagados con abundante agua destilada estéril, esto para eliminar posibles residuos de hipoclorito. Luego de lo anterior, se cortaron los primeros 5 cm de los tallos a partir de botón floral, estos fueron inmediatamente puestos en láminas de poliestireno (10cm x 20 cm x 1,0 cm) con la parte más tierna hacia arriba, siendo colocadas en contenedores de plástico (24 cm x 24 cm x 10 cm) a manera de cámara húmeda. A estos contenedores previamente se les adicionó agua destilada estéril hasta completar 1 cm de profundidad, las cámaras húmedas fueron almacenadas en el laboratorio a 20 °C hasta el momento del montaje del ensayo.

Elaboración de inóculo de *B. cinerea*

Se tomaron cajas Petri con *B. cinerea* creciendo en medio de Sabouraud Dextrosa Agar (Oxoid) con doce días, a las cuales se les adicionó 12 ml de agua destilada estéril más Tween 80 (0,01%). Se preparó una suspensión de 20 ml de conidios previamente filtrada a través de una tela de algodón estéril, lo que permitió la separación de los

conidios del micelio, cuya concentración se determinó mediante una cámara de Neubauer, ajustándose está a 1×10^4 conidios* ml^{-1} , estandarizada en una prueba de patogenicidad previamente hecha en tallos de rosa (variedad Forever Young).

Prueba de eficacia *in vitro*

Para esta prueba se tomaron diez cajas de Petri con medio Sabouraud Dextrosa Agar (Oxoid), pero con adición de los desinfectantes en las dosis mencionadas en la Tabla 1; se establece entonces un tratamiento control con cajas, con el medio de cultivo, pero sin adición de ningún producto. Cada una de las cajas petri, con y sin adición de los desinfectantes, se inocularon con un disco de 5,0 mm del aislamiento de *B. cinerea* para su posterior incubación a 20°C, registrándose el diámetro de colonia del hongo cada veinticuatro horas hasta las 144 horas, momento en que *B. cinerea* cubrió el 100% de las cajas de Petri en el tratamiento control.

Para este ensayo se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado, con diez repeticiones para cada tratamiento (desinfectante) y el control. A partir los registros de los diámetros de colonia obtenidos a las 144 horas se realizó un análisis de varianza para, posteriormente, hacer una comparación de medias mediante la prueba de diferencia mínima significativa DMS ($p \leq 0,05$). En la realización del análisis estadístico se empleó *software* Statgraphics® Centurion XVI.

Prueba de antagonismo *in vivo*

A los tallos puestos en los contenedores plásticos se les aplicó la prueba desde una micropipeta 25 μl con los desinfectantes (D. Végétaux® y D. Microserre®), además de agua destilada estéril para el caso del control. Para cada tratamiento y control se utilizaron treinta tallos (diez por cada repetición) de rosa de la variedad Forever Young; todos los tallos tratados fueron nuevamente colocados en las cámaras húmedas por 48 horas y almacenados a 20 °C.

Después de cumplido el periodo de tiempo señalado todos los tallos fueron inoculados con una suspensión de 25 µl *B. cinérea*, posteriormente fueron puestos de nuevo en las cámaras húmedas a la misma temperatura, observándose estos cada veinticuatro horas mientras se registraba la longitud de lesión (síntomas) y la longitud de esporulación de *B. cinerea* (signos) en los dos tratamientos y el control desde su aparición. Se empleó un diseño completamente aleatorizado. Para el análisis correspondiente a los promedios en todos los tallos de rosa de la longitud de lesión, como de la esporulación observados desde el día cinco al doce, se calculó el área bajo la curva del progreso enfermedad (ABCPE) de acuerdo con (1) [7].

$$ABCPE = \sum \left[\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right] * (t_{i+1} - t_i) \quad (1)$$

Siendo y_i la medida de la longitud de lesión o esporulación de la enfermedad (severidad) en la $i^{\text{ésima}}$ observación, t es la unidad de tiempo (días) y n el total de observaciones para cada tratamiento (desinfectantes) y el control; lo anterior con el propósito de determinar el avance de la enfermedad (síntomas y signos) en todos los tallos de rosa producida por la inoculación de *B. cinerea*.

A partir de los resultados de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), de la longitud de lesión como de la esporulación producidos por *B. cinérea*, se realizó un análisis de varianza, comparando los promedios de los tratamientos y el control mediante la prueba de medias de diferencia mínima significativa (DMS, $p \leq 0,05$). En esta prueba también se utilizó para el análisis estadístico la ayuda del software Statgraphics® Centurion XVI.

Adicionalmente se calculó el porcentaje de eficacia a los seis y doce días a partir de los promedios de las longitudes de lesión producidas por *B. cinerea*, obtenidos para cada uno de los desinfectantes preseleccionados en la prueba *in vitro*, basados en la fórmula (2) [8].

$$\text{Porcentaje_d_eficacia} = ((A - B) / A) * 100 \quad (2)$$

Donde A es la longitud de lesión de *B. cinerea* en los tallos del control a los seis y doce días, y B es la longitud de lesión de *B. cinerea* para los tallos de cada tratamiento (desinfectantes) a los seis y doce días.

RESULTADOS

En la evaluación *in vitro* se evidenció que a las 144 horas hubo una reducción estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) de los diámetros de colonia de *B. cinerea*, por efecto de los tres desinfectantes, en comparación con el control (Tabla 2). Siendo el tratamiento correspondiente al producto Pursue el que presentó el mayor de diámetro del hongo, seguido del producto Désogerme Microserre. El producto Désogerme Végétaux fue el que presentó los menores valores de promedios de diámetros, los cuales fueron estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$).

Tabla 2. Crecimiento *in vitro* a las 144 horas de *B. cinerea*.

Producto	Crecimiento (cm)
Control	8,4 a
Pursue	3,5 b
D. Microserre	2,6 c
D. Végétaux	1,5 d

Fuente: elaboración propia.

Nota: letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de comparación de media de diferencia mínima significativa DMS ($p \leq 0,05$).

Los cultivos correspondientes al tratamiento Pursue presentaron valores de diámetro promedio de colonia de 1.66 cm a las 48 horas; en contraste, los cultivos del hongo fitopatógeno correspondiente a la adición del producto D. Microserre solo presentaron un crecimiento promedio 1.40 cm de diámetro de colonia del hongo hasta las 72 horas. Para el caso de D. Végétaux se presentaron valores promedio de 1.50 cm hasta las 120 horas, razón por la cual se seleccionaron los dos últimos dos productos para la realización de las pruebas en tallos de rosa (Figura 1).

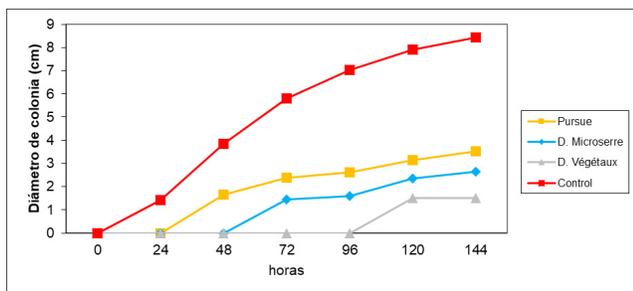


Figura 1. Crecimiento de *B. cinerea* a través del tiempo en un modelo de evaluación *in vitro* en presencia de tres de desinfectantes.

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados, los dos desinfectantes evaluados reducen claramente la longitud de lesión, los cuales alcanzan en el día doce valores para el caso de D. Microserre de 0.64 cm y de 1.42 cm para el producto D. Végétaux, en contraste con los valores promedio alcanzados en el día doce para el control, siendo estos de 3,0 cm (Figura 2).

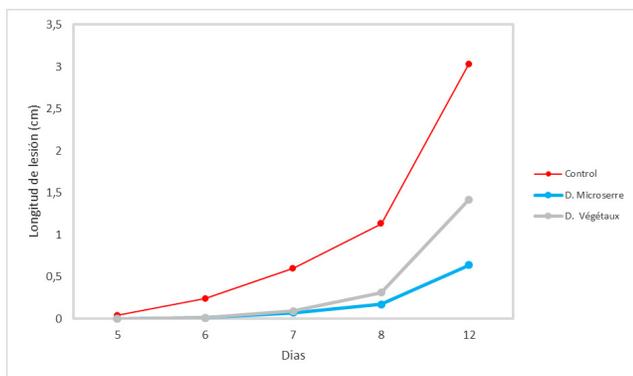


Figura 2. Longitud de lesión producida por *B. cinerea* a través de tiempo en una prueba *in vivo* en presencia de dos desinfectantes.

Fuente: elaboración propia.

Esta tendencia también se observa en los resultados de los promedios de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) producidos por *B. cinerea*, en la cual los valores de ABCPE son significativamente mayores para el control al ser comparados con los obtenidos de los productos D. Microserre y D. Végétaux, los cuales no presentaron diferencias

estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) como se observa en la Figura 3.

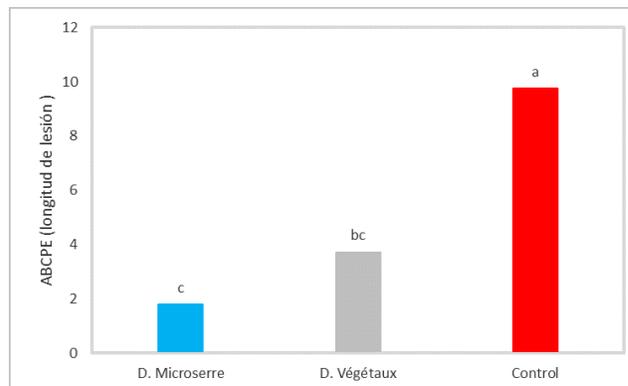


Figura 3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), correspondiente a la longitud de lesión (cm).

Fuente: elaboración propia.

Nota: Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas (DMS, $p \leq 0,05$).

Al evaluar la longitud de esporulación causada por *B. cinerea* se puede observar que a los doce días el tratamiento control presenta valores promedio de 2.3 cm, los cuales son superiores a los obtenidos con los productos D. Végétaux y D. Microserre que alcanzaron valores de 0,70 y 0,40 cm respectivamente (Figura 4).

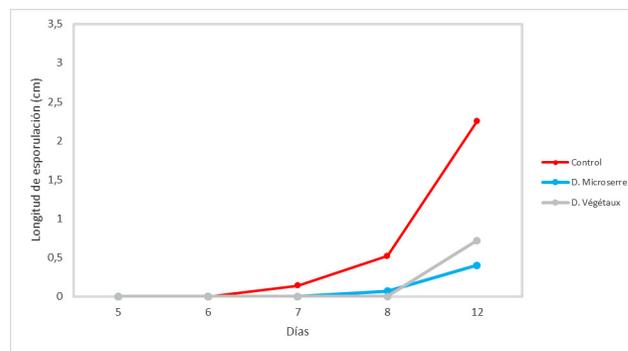


Figura 4. Longitud de la esporulación producida por *B. cinerea* a través de tiempo en tallos de rosas.

Fuente: elaboración propia.

Los valores de ABCPE correspondientes a la longitud de esporulación presentan, acorde con lo anteriormente presentado, valores significativamente mayores en el control, en comparación con los

observados de los dos desinfectantes; sin embargo, estos productos no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí en cuanto a sus valores promedios de ABCPE (Figura 5).

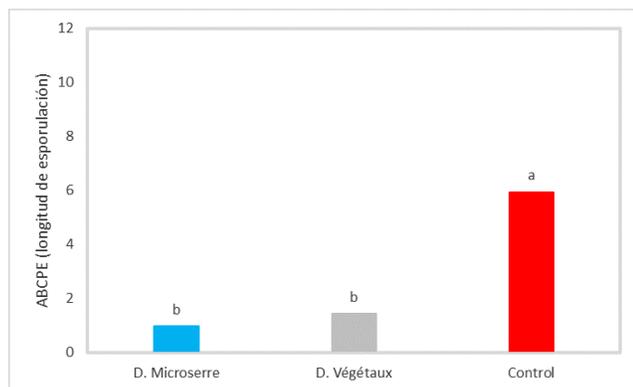


Figura 5. Área baja la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), correspondiente a la longitud de la esporulación (cm).

Fuente: elaboración propia.

Nota: Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas (DMS, $p \leq 0,05$).

En la Tabla 3 se observan los valores de eficacia para los dos desinfectantes evaluados a los seis días, los cuales son altos y restringen la manifestación de síntomas y signos del moho gris en los tallos de rosa; sin embargo, a los doce días la eficacia de los productos evaluados empezó a disminuir de forma importante, en especial para el producto Désogerme Végétaux.

Tabla 3. Porcentajes de eficacia in vivo de dos desinfectantes contra *B. cinerea*.

Producto	Seis días	Doce días
Désogerme Végétaux	95,0	53,1
Désogerme Microserre	95,0	79,0

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los tres desinfectantes utilizados en las pruebas *in vitro* reducen significativamente el crecimiento de *B. cinerea*, ya que estos son a base de amonios cuaternarios, los cuales son comúnmente utilizados como fungicidas, bactericidas y viricidas; pueden desnaturalizar las proteínas constitutivas de los

microorganismos mencionados, afectan la actividad de las enzimas relacionadas con el metabolismo energético y desestabilizan algunas moléculas de la membrana celular [9]. Sin embargo, los desinfectantes Désogerme Microserre y Désogerme Végétaux, fueron los que más retrasaron el crecimiento de *B. cinerea* en el ensayo *in vitro*, esto se puede explicar debido a que resisten cargas proteínicas altas, las cuales estaban presentes en el medio Sabouraud Dextrose Agar (Oxoid); este último presenta dentro de su composición peptona, compuesto rico de estas moléculas, siendo esta condición la que pudo interferir con el cloruro de benzalconio, ingrediente activo del producto Purseu [6].

En las pruebas con tallos de rosas los dos desinfectantes presentaron a los seis días altos valores de eficacia que decayeron a los doce días, especialmente con el desinfectante Désogerme Végétaux, a pesar de que ambos desinfectantes presentaban como ingrediente activo el amonio cuaternario de cuarta generación, cloruro de amonio benzil dimetil alquil; sin embargo, el producto Désogerme Microserre posee además la molécula glutaraldehído, la cual permite una desinfección profunda y actúa especialmente sobre la viabilidad de los conidios de los hongos [10], como se pudo establecer en el crecimiento de longitud de lesión correspondiente al avance en esporulación de *B. cinerea* en el día doce, el cual fue inferior al observado con el producto Désogerme Végétaux en el mismo periodo de tiempo.

A pesar de que en la prueba *in vivo* el producto Désogerme Végétaux no mantuvo un alto nivel de control de *B. cinerea* a las doce horas, en la prueba de evaluación *in vitro* sí presentó alta inhibición de microorganismos patógenos, debido posiblemente a que uno de sus ingredientes activos —el cloridrato de polihexametileno biguanida (PHMB)—, ha sido descrito por tener excelente actividad contra una amplia gama de bacterias grampositivas y gramnegativas, hongos filamentosos y hongos levaduriformes, siendo particularmente efectivo contra bacterias del género *Pseudomonas* que son difíciles de controlar

[11]. Por otra parte, este agente químico, además de presentar un amplio espectro de control de microorganismos en comparación con los ingredientes activos convencionales, es muy eficaz para la desinfección de infraestructuras utilizadas en los sistemas de producción cervicero y de otras bebidas [12].

CONCLUSIONES

Los desinfectantes que presentaron mayor inhibición del crecimiento *in vitro* de *B. cinerea*, fueron los desinfectantes Désogerme Microserre y Désogerme Vé-gétaux, de los cuales el primero redujo por mayor tiempo los síntomas y signos producidos a raíz del moho gris en tallos de rosa a una dosis de 1.0 ml·l⁻¹, por lo que se podría emplear este producto para la desinfección de tijeras en las labores de podas especialmente relacionadas con extracción de tocones y otro material infectado en las camas de cultivo. Su uso se podría también emplear en poscosecha y labores de desinfección de superficies tales como mesas de clasificación de la rosa, cuartos fríos y enseres relacionados con este proceso.

REFERENCIAS

- [1] Cámara de Comercio de Bogotá, *Flores y follajes*. Bogotá D.C.: Cámara de Comercio, 2015.
- [2] J. R. Coley-Smith, K. Verhoeff and W.R. Jarvis, *The biology of botrytis*. London: Academic Press, 1980.
- [3] G. S. Molina, M. C. Forero y E. Torres, "Incidencia de infecciones quiescentes de *Botrytis cinerea* en flores y frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.)," *Agronomía Colombiana*, vol. 22, no. 2, pp. 101–109, 2004.
- [4] A. E. Araújo, L. A. Maffia, E. S. G. Mizubuti, A. C. Alfenas, G. De Capdeville, and J. A. S. Grossi, "Survival of *Botrytis cinerea* as mycelium in rose crop debris and as sclerotia in soil," *Fitopatología Brasileira*, vol. 30, no. 5, pp. 516–521, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582005000500009>
- [5] R. Benítez, "Plaguicidas y efectos sobre la salud humana: un estado del arte". [En línea]. Disponible en: <http://www.serpajpy.org/wp-content/uploads/2014/03/Plaguicidas-y-efectos-sobre-la-salud-humana1.pdf>
- [6] A. Diomedi *et al.*, "Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología," *Revista Chilena de Infectología*, vol. 34, no. 2, pp. 156–174, 2017. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182017000200010>
- [7] L. V. Campbell and C. L. Madden, *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York: Wiley, 1990.
- [8] M. H. Jijakli and P. Lepoivre, "Characterization of an Exo-beta-1,3-Glucanase Produced by *Pichia anomala* Strain K, Antagonist of *Botrytis cinerea* on Apples.," *Phytopathology*, vol. 88, no. 4, pp. 335–343, 1998. <https://doi.org/10.1094/PHTO.1998.88.4.335>
- [9] Secretaría Distrital de Salud, "Limpieza y desinfección de equipos y superficies ambientales en instituciones prestadoras de servicios de salud". [En línea]. Disponible en <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Todo%20IIH/Limpieza%20y%20Desinfecci%C3%B3n%20de%20Equipos%20y%20Superficies.pdf>
- [10] R. Vignoli, "Esterilización y desinfección". [En línea]. Disponible en <http://www.higiene.edu.uy/cefa/Libro2002/Cap%2027.pdf>
- [11] European Commission, "The Scientific Committee on Consumer Safety of the European Commission, Opinion on the safety of poly(hexamethylene) biguanide hydrochloride (PHMB)". [En línea]. Disponible en: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_157.pdf
- [12] P. D. Santos and P. H. S. Fernandes, "Utilização de Cloridrato de Polihexametileno Biguanida (PHMB) na desinfeção de indústrias cervejeiras", *Revista TECCEN*, vol. 3, pp. 59–67, 2010. <https://doi.org/10.21727/teccen.v3i1.242>

